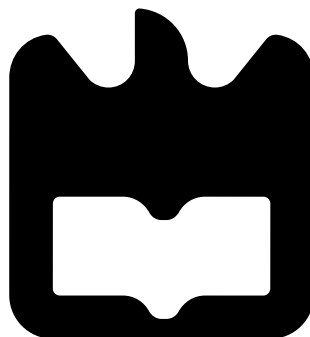




**Tiago Costa
Gonçalves**

**Implementação de uma Rede de Domótica Baseada
em Ethernet e CANopen**





**Tiago Costa
Gonçalves**

Implementação de uma Rede de Domótica Baseada em Ethernet e CANopen

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Electrónica e Telecomunicações, realizada sob a orientação científica do Doutor Arnaldo Silva Rodrigues de Oliveira, Professor Auxiliar do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

o júri / the jury

presidente / president

Prof. Dr. José Alberto Gouveia Fonseca

Professor Associado da Universidade de Aveiro

vogais / examiners committee

Prof. Dr. Arnaldo Silva Rodrigues de Oliveira

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (orientador)

Prof. Dr. Ana Luísa Lopes Antunes

Professora da Escola Superior de Tecnologia de Setúbal -
Instituto Politécnico de Setúbal

Resumo

Nos próximos anos vai seguramente assistir-se a uma procura crescente de soluções inovadoras, versáteis, económicas, de alto desempenho e fácil utilização para aplicações domóticas. As motivações para dotar as habitações com algum grau de inteligência resultam dos requisitos crescentes ao nível do conforto, segurança, entretenimento, eficiência e autonomia energética, utilização racional de recursos hídricos e acesso ubíquo a diferentes tipos de serviços de informação.

Esta dissertação descreve a implementação de uma rede domótica baseada nas redes Ethernet e CANopen. Passou pelo levantamento de diferentes tipos de sensores e protocolos de rede normalmente utilizados em domótica e uma posterior definição da arquitectura de rede.

Para comprovar o funcionamento do sistema implementou-se um demonstrador representativo da arquitectura de rede proposta. O demonstrador inclui um pequeno sistema de iluminação utilizando a placa de sensores e actuadores e o gateway CANopen-Ethernet implementado.

Abstract

In the coming years will surely attend to a growing demand for innovative, versatile, economical, high performance and easy use for home automation applications. Motivations to provide the housing to some degree of intelligence derived from the requirements on increasing the level of comfort, security, entertainment, energy efficiency and autonomy, rational use of water resources and ubiquitous access to different types of information services.

This thesis describes the implementation of a home automation network based on Ethernet and CANopen. The implementation passed by the lifting of the different type os sensors and network protocolos normaly used at home automation and further defining the network architecure.

To demonstrate the operation of the system an demonstrator had been implemented using a small representative portion of the proposed network arquitecture. The demonstrator includes a small lighting system using the implemented sensors board and the CANopen-Ethernet gateway.

Conteúdo

Conteúdo	i
Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	vii
Lista de Acrónimos	ix
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento e Motivação	1
1.2 Objectivos	2
1.3 Estrutura da Dissertação	3
2 Domótica	5
2.1 Perspectiva histórica	6
2.2 Sensores/Dispositivos	7
2.3 Protocolos Usados em Aplicações Específicas	8
2.3.1 0-10 V	8
2.3.2 D54	8
2.3.3 DALI	9
2.3.4 4 - 20 mA	9
2.4 Protocolos de Comunicação de Rede Usados em Domótica	11
2.4.1 X10	11
2.4.2 INSTEON	11
2.4.3 EHS	13
2.4.4 BatiBUS	13
2.4.5 EIB	13
2.4.6 KNX	14
2.4.7 LonWorks	14
2.5 Protocolos de Comunicação de Rede Usados Noutros Domínios de Aplicação .	16
2.5.1 CAN	16
3 Arquitectura da Rede	21
3.1 Introdução	21
3.2 Diagrama da Rede	21
3.3 Rede Backbone	22
3.4 Rede Local	23

3.5	Servidor Central	24
4	Rede Local	25
4.1	CANOpen	25
4.1.1	Interacções entre Camadas Protocolares	26
4.1.2	Modelo de um Dispositivo CANopen	26
4.1.3	Dicionário de Objectos	27
4.1.4	Comunicação - <i>Service Data Object</i>	29
4.1.5	Comunicação - <i>Process Data Object</i>	29
4.1.6	Comunicação - Serviço de Sincronização	30
4.1.7	Comunicação - Serviço de Gestão da Rede	30
4.1.8	Comunicação - <i>Heartbeat</i>	32
4.2	Considerações sobre a rede CAN/CANopen	32
4.2.1	Alimentação	33
4.2.2	Isolamento Eléctrico	33
5	Sensores	35
5.1	Introdução	35
5.2	Hardware	36
5.2.1	Sensor Movimento	37
5.2.2	Sensor de Luminosidade	38
5.2.3	Dimmer	38
5.3	Pilha Protocolar CANOpen	40
5.4	Firmware	40
5.4.1	Funcionamento Global	40
5.4.2	Sensor de Movimento	41
5.4.3	Entrada Digital	42
5.5	Medições Experimentais	42
5.5.1	Consumo Energético	42
5.5.2	Módulo CAN	43
5.5.3	Dimmer	44
6	Gateway CANopen-Ethernet	45
6.1	Introdução	45
6.2	Diagrama de Funcionamento	45
6.2.1	Hardware	45
6.2.2	Software	46
6.3	AP	48
6.4	Controlador CAN	49
6.5	socketCAN	49
6.6	CanFestival	50
7	Conclusões e Trabalho Futuro	53
7.1	Conclusões	53
7.2	Trabalho Futuro	53

A	Camada física em redes CAN	55
A.1	Tempos de Bit recomendados	55
B	Esquemas Eléctricos	57
B.1	Sensor	57
B.1.1	Diagrama Global	57
B.1.2	Dimmer	58
B.1.3	Placa CAN	58
B.1.4	Micro controlador	59
B.1.5	Micro controlador - Placa intermédia	60
C	Sensores usados em Domótica	61
C.1	Binary Input	61
C.2	Binary Output	62
C.3	Analog Input	62
C.4	Analog Output	63
C.5	Dimmer	63
C.6	Detector de Movimento	64
C.7	Detector de Presença	64
C.8	Painéis de Controlo	65
C.9	Detectores de Humidade	65
C.10	Sensor de Luz	66
C.11	Sensores de Temperatura	66
C.12	Controlo de Temperatura	67
C.13	Medidor de Consumo Eléctrico	67
C.14	Orbiters	68
	Bibliografia	69

Lista de Figuras

2.1	Diagrama temporal do protocolo de iluminação D54 (copiado de [1]).	8
2.2	Relação do sistema DALI com outros sistemas de iluminação ou de domótica.	9
2.3	Diagrama de ligação do sistema DALI com sistemas de domótica.	10
2.4	Diagrama de funcionamento de uma rede baseada em 4..20 mA.	10
2.5	Arquitectura de uma rede X10.	12
2.6	Propagação das mensagens INSTEON ao longo das retransmissões.	12
2.7	Diagrama lógico de uma possível rede EIB/KNX.	15
2.8	Modelo funcional de um dispositivo de uma rede LonWorks.	16
2.9	Configuração da rede CAN.	17
2.10	Topologia em barramento no protocolo CAN.	17
2.11	Topologia híbrida no protocolo CAN.	17
2.12	Detalhes de um nodo CAN.	18
2.13	Níveis do sinal dentro de um barramento CAN.	18
2.14	Interferência Electromagnética num barramento CAN.	19
2.15	Trama de dados CAN.	19
2.16	Relação entre a taxa de transmissão e o comprimento máximo de um barramento CAN.	20
3.1	Diagrama da rede de domótica.	22
3.2	Exemplo do posicionamento dos sensores e do barramento de comunicação.	23
4.1	Interação entre camadas protocolar numa rede CANopen.	26
4.2	Modelo de um dispositivo CANopen.	27
4.3	Serviço de comunicação <i>Service Data Object</i>	29
4.4	Serviço de comunicação <i>Process Data Object</i>	29
4.5	Serviço de sincronização em redes CANopen.	30
4.6	Serviço de gestão da rede numa rede CANopen.	31
4.7	Máquina de estados implementado por um dispositivo <i>NMT slave</i> numa rede CANopen.	31
4.8	Serviço de <i>Heartbeat</i> numa rede CANopen.	32
4.9	Diagrama temporal do serviço de <i>Heartbeat</i> numa rede CANopen.	32
4.10	Diagrama da rede local usando o protocolo CANOpen.	33
5.1	Localização da placa de sensores no diagrama da rede de domótica.	35
5.2	Diagrama de blocos das ligações entre os módulos da placa de sensores implementada.	36
5.3	Esquema eléctrico da placa de sensores.	36

5.4	Fotografia da placa de sensores.	37
5.5	Diagrama interno do sensor de movimento AMN31111 [2].	37
5.6	Modelo da saída digital do sensor de movimento AMN31111 [2].	38
5.7	Diagrama de blocos do funcionamento do sensor <i>TSL261R</i>	38
5.8	Diagrama temporal do funcionamento de um Dimmer.	39
5.9	Diagrama de blocos do funcionamento do Dimmer.	39
5.10	Máquina de estados do sensor visto da rede CANOpen.	41
5.11	Diagrama de blocos do funcionamento do Dimmer.	41
5.12	Máquina de estados do sensor de movimento.	42
5.13	Diagrama de blocos da <i>Entrada Digital</i>	42
5.14	Tempos de propagação da placa CAN.	43
5.15	Largura do pulso do detector de passagem por zero.	44
6.1	Localização do <i>gateway</i> no diagrama da rede de domótica.	45
6.2	Diagrama de blocos das ligações entre os módulos do gateway implementado.	46
6.3	Diagrama de interligação entre as camadas do software no <i>gateway</i>	46
6.4	Representação de um objecto no <i>gateway</i>	47
6.5	Captura de ecrã da interface gráfica do gateway implementado.	48
6.6	Fotografia da placa ALIX3D3 [3].	48
6.7	Conversor CAN-USB da <i>Peak-System</i> [4].	49
6.8	Diagrama das camadas socketCAN e integração com outras camadas no kernel [5].	50
6.9	Captura de ecrã do editor gráfico de dicionários de objectos [14].	51
6.10	Diagrama da implementação da biblioteca CanFestival [14].	51
B.1	Esquema eléctrico do sensor - esquema global.	57
B.2	Esquema eléctrico do sensor - dimmer.	58
B.3	Esquema eléctrico do sensor - placa CAN.	58
B.4	Esquema eléctrico do sensor - placa do micro controlador.	59
B.5	Esquema eléctrico do sensor - placa intermédia do micro controlador.	60
C.1	Dispositivo “Binary Input” usado em redes KNX.	61
C.2	Dispositivo “Binary Output” usado em redes KNX.	62
C.3	Dispositivo “Analog Input” usado em redes KNX.	62
C.4	Dispositivo “Analog Output” usado em redes KNX.	63
C.5	Dispositivo “Dimmer” usado em redes KNX.	63
C.6	Dispositivo “Detector de movimento” usado em redes X10.	64
C.7	Dispositivo “Detector de presença” usado em redes KNX.	64
C.8	Dispositivo “Painel de Controlo”.	65
C.9	Dispositivo “Detector de humidade”.	65
C.10	Dispositivo “Sensor de luz”.	66
C.11	Dispositivo “Sensor de Temperatura”.	66
C.12	Dispositivo “Controlo de temperatura”.	67
C.13	Dispositivo “Medidor de consumo eléctrico”.	67
C.14	Dispositivo “Orbiter”.	68

Lista de Tabelas

4.1	Organização do dicionário de objectos.	28
4.2	Alguns objectos existentes no dicionário de objectos de um nodo CANopen. .	28
5.1	Consumo energético de cada componente do sensor.	43
5.2	Tempos de propagação da placa CAN.	44
A.1	Tempos de Bit recomendados em redes CAN.	55

Lista de Acrónimos

AP	Access Point
BatiBUS	BatiBUS
CAL	CAN Application Layer
CAN	Controller Area Network
CiA	CAN in Automation
EHS	European Home Systems
EHSA	European Home Systems Association
EIB	European Installation Bus
EIBA	European Installation Bus Association
KNX	KNX
OSI	Open Systems Interconnection
PDO	Process Data Objects
PLC	Power Line Communication
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
SDO	Service Data Objects
SYNC	Synchronisation Objects

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento e Motivação

Nos próximos anos vai seguramente assistir-se a uma procura crescente de soluções inovadoras, versáteis, económicas, de alto desempenho e fácil utilização para aplicações domóticas. As motivações para dotar as habitações com algum grau de inteligência resultam dos requisitos crescentes ao nível do conforto, segurança, entretenimento, eficiência e autonomia energética, utilização racional de recursos hídricos, acesso ubíquo a diferentes tipos de serviços de informação com necessidades de Quality of Service (QoS) e/ou Quality of Experience (QoE). No entanto, apesar da existência de um número considerável de normas, quer de domínio público, quer proprietárias, a oferta de produtos nesta área é relativamente reduzida e os disponíveis actualmente apresentam ainda um elevado custo de instalação, manutenção e actualização, restringido, ao contrário do que seria desejável, estas soluções a nichos e aos segmentos altos do mercado. Além disso, estes sistemas ainda se encontram distantes de serem fáceis utilizar e manter por técnicos não especializados.

Uma das formas de simplificar e baixar os custos de instalação é reduzir o número de redes e a quantidade de cablagem utilizada para assegurar os diferentes tipos de serviços numa habitação, os quais numa solução completa podem contemplar vertentes tão distintas como o controlo de iluminação, portas, estores, aquecimento, ventilação e ar condicionado; alarmes, vigilância, detecção de intrusão e simulação de presença; difusão de áudio e vídeo; vídeo-porteiro e intercomunicador; auto-suficiência energética; rega automática eficiente; telefone e VoIP; acesso à Internet; monitorização e controlo remoto; interacção natural entre o ser humano e os dispositivos instalados, entre outros.

Apesar das tecnologias de redes de comunicação de dados de uso geral de elevado débito disponíveis actualmente, quer cabladas (e.g. Gigabit Ethernet), quer wireless (e.g. 802.11n), as soluções de rede para sistemas domóticos baseiam-se na sua maioria em tecnologias ou normas específicas (e.g. KNX). Este facto deve-se não só aos requisitos específicos deste tipo de sistemas, mas também a questões históricas e de uma falta de convergência das tecnologias. Consequentemente, as redes de comunicação de dados genérica e as orientadas para domótica são muitas vezes usadas simultânea e separadamente sendo eventualmente interligadas por algum tipo de *gateway*. Este facto leva a multiplicação de cablagens, a um aumento dos custos e a uma maior dificuldade em integrar serviços e funcionalidades.

Apesar das redes não cabladas poderem ser usadas com enormes vantagens na implementação de sistemas domóticos em edifícios pré existentes, as redes cabladas são também

uma solução interessante quando instaladas durante a construção, possuindo enormes vantagens ao nível da segurança, desempenho, manutenção e fiabilidade. Contudo, uma boa solução pode passar pela utilização combinada de redes cabladas e não cabladas, incluindo a própria instalação eléctrica.

As redes Controller Area Network (CAN) são barramentos série para aplicações de tempo real. Foi inicialmente desenvolvido para uso na indústria automóvel mas actualmente está a ser usado em larga escala em aplicações embebidas tais como controlo industrial onde grande velocidade é necessária. Como tal torna-se quase natural a utilização desta rede em redes de domótica.

O uso de um equipamento do tipo Access Point (AP) para integrar funcionalidades de aplicações domóticas é interessante pelo facto de acreditarmos que cada vez a mais dispositivos móveis nas habitações para permitir melhor mobilidade dentro destas. Desta forma, para garantir uma boa cobertura e uma elevada largura de banda, justificar-se a instalação de múltiplos AP numa habitação. No limite, poderemos vir a ter um AP por divisão (a assegurar a conectividade de todos os dispositivos existentes), sendo todos interligados por uma rede cablada estruturada de alto débito.

1.2 Objectivos

Esta dissertação têm como objectivo principal a implementação de uma rede de domótica baseada em Ethernet e CANopen. De forma a atingi-lo tem-se os seguintes sub objectivos:

- **Levantamento do estado arte** - Fez-se o levantamento dos tipos de dispositivos normalmente utilizados em domótica e os protocolos normalmente associados a eles. Também fez-se o levantamento de outros protocolos possíveis de serem utilizados num rede de domótica.
- **Definição da arquitectura de rede** - Definiu-se uma rede composta por dois níveis. Um dos níveis é composto pela rede CANopen e serve para fazer uma melhor a interligação entre os sensores e/ou actuadores ao primeiro nível da rede. O outro nível é composto pela rede Ethernet que serve como ligação entre as várias redes locais.
- **Construção de um demonstrador** - Construiu-se um demonstrador composto por um placa de sensores e actuadores e por um gateway CANopen-Ethernet utilizando um AP.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está organizada em 7 capítulos:

- **Capítulo 2 - Domótica** - Descreve o estado de arte das tecnologias usadas em redes de domótica.
- **Capítulo 3 - Arquitectura da Rede** - Descreve a arquitectura da rede concebida no âmbito do trabalho e a interacção entre os vários componentes do sistema.
- **Capítulo 4 - Rede Local** - Descreve os detalhes de funcionamento da rede local utilizada e dos elementos que nela operam.
- **Capítulo 5 - Sensores** - Descreve os detalhes de implementação da placa de sensores criada para obter informações dos sensores.
- **Capítulo 6 - Gateway CANopen-Ethernet** - Descreve os detalhes de implementação do software
- **Capítulo 7 - Conclusões e Trabalho Futuro** - São apresentados as conclusões deste trabalho e as perspectivas de trabalho futuro.

A dissertação inclui ainda 3 apêndices:

- **Apêndice A - Camada física em redes CAN** - Contem informação sobre os requisitos da camada física em redes CAN.
- **Apêndice B - Esquemas Eléctricos** - Contem os circuitos eléctricos dos módulos produzidos durante este trabalho.
- **Apêndice C - Sensores usados em Domótica** - Contem uma descrição mais detalhada dos sensores normalmente usados em domótica apresentados no capítulo 2.

Capítulo 2

Domótica

A palavra Domótica resulta da junção da palavra "Domus" (casa) com robótica (controlo automatizado de algo). A Domótica têm como objectivo a integração de serviços e tecnologias aplicados a residências, apartamentos, casas e pequenos edifícios, com o objectivo de automatizá-los melhorando a segurança, conforto, gestão e facilidade de comunicação. Está ligada ao controlo e automação de habitações, tendo como objectivos fundamentais oferecer um maior conforto e maior segurança, seja a nível da detecção de situações de emergência, tais como: incêndios ou fugas de gás ou água; seja a nível da detecção e sinalização de situações de intrusão. No que toca ao conforto, as possibilidades são imensas referindo-se, por exemplo, a possibilidade de controlar a iluminação, o aquecimento ou o ar condicionado, a abertura e fecho dos estores, o ligar e o desligar de equipamentos de acordo com programações horárias. Outra vertente também importante refere-se à gestão racional da energia (electricidade e gás, por exemplo), com vista a otimizar os gastos e poupanças.

Ao contrário dos edifícios inteligentes em que tem mais relevância a gestão eficiente dos recursos energéticos, na domótica o mais importante é o conforto. Também diferem no tipo de utilizadores. Enquanto que os edifícios inteligentes são funcionalmente complexos, com a gestão a cargo de equipas especializadas, e têm um grande número de utilizadores, numa habitação o número de utilizadores é reduzido, sendo estes os próprios gestores do sistema. Por este motivo, os sistemas de domótica são normalmente sistemas mais simples.

Um dos factores que impulsionaram os desenvolvimentos mais recentes tem sido a crescente divulgação da Internet e o crescente interesse em dispor de redes informáticas no interior das habitações. Contudo, estes desenvolvimentos nem sempre se compatibilizam da melhor forma com as necessidades de automação, nomeadamente ao nível do custo.

Embora os benefícios associados à domótica sejam vários e genericamente reconhecidos, a entrada da domótica no mercado tem sido reduzida. Isto é devido a múltiplas razões: de ordem tecnológica, de ordem económica e a própria apetência dos utilizadores por este tipo de tecnologias (facilidade de utilização e percepção do grau de utilidade). Com efeito, esta tecnologia apresenta um elevado custo face ao grau de utilidade/benefícios. Apesar de existir uma certa diversidade de soluções, normalmente proprietárias, estas são incompatíveis entre si, ou seja, não é possível instalar uma solução com equipamento de diferentes fabricantes numa mesma habitação. Também ainda não existe uma solução padrão, devido ao elevado custo de desenvolvimento desta tecnologia, o que leva a que cada fabricantes desenvolva a sua própria solução. Para além disso, as implicações na manutenção (teriam que existir equipas especializadas neste âmbito) seriam bem dispendiosas.

2.1 Perspectiva histórica

A automação surgiu ainda nos primórdios da Humanidade. Considera-se automatização qualquer processo que auxilie o Ser Humano nas suas tarefas do dia-a-dia, sejam elas comerciais, industriais, domésticas ou rurais. Como exemplo, podemos citar o uso da Roda de água na automatização do processo de moagem, serrarias, ferrarias e trituração de grãos em geral.

A Revolução Industrial no século XVIII propiciou ainda mais a automação, surgida a partir da mecanização, a qual utilizamos em muitos processos produtivos. A Automatização é o processo através do qual se utiliza dispositivos automáticos, electrónicos e inteligentes que regulam o seu próprio funcionamento e que permitem ao Ser Humano estar muito menos presente na tarefa a executar.

Cronologicamente, o desenvolvimento dos sistemas de automação residencial surge depois de seus similares nas áreas industrial e comercial. Por óbvios motivos económicos e de escala de produção, os fabricantes e os prestadores de serviços, num primeiro momento, voltam-se para aqueles segmentos que lhes permitem maior rapidez no retorno de seus investimentos.

A Informática nasceu tendo como objectivo ajudar o ser humano nas suas tarefas do dia-a-dia; auxiliando, optimizando, controlando e servindo-o em tudo o que for necessário. Quando os primeiros computadores foram inventados eram de alto custo e, portanto, foram inicialmente utilizados em grandes empresas. Com o avanço tecnológico e a redução nos custos de produção destes equipamentos, foram criando-se ao longo do tempo melhores produtos, optimizados e adaptados às mais diversas áreas do comércio, indústria, educação, comunicação, governo, entre outros. A tecnologia disseminou-se a tal ponto, que hoje está ao alcance de todos, e é difícil citar um ramo no qual a informática não esteja de alguma forma presente: do corte de cabelo auxiliado por computador, à medicina, engenharia, escolas, entre outros.

Consolidada a automação industrial, o comércio foi o ramo seguinte a ser automatizado, principalmente com o rápido avanço da informática (por exemplo, a utilização intensiva dos códigos de barra e o software de supervisão e gestão apresenta aspectos de grande sofisticação). Lojas, supermercados, hotéis, hospitais, entre outros, têm os seus serviços totalmente informatizados, incluindo sua logística, vendas, finanças, etc. Até mesmo o pequeno comércio e prestadores de serviços beneficiam da automação. Da mesma maneira, surgiram os chamados "prédios inteligentes", nomeadamente aqueles voltados para o uso comercial; os seus sistemas automatizados privilegiam as últimas tecnologias no campo das telecomunicações, ar condicionado, segurança predial e controlo de acesso.

Actualmente por necessidade de incluir mais aspectos do dia-a-dia de uma habitação de forma automatizada e integrada, começou a ser incluído também na domótica a automatização de sistemas de entretenimento e lazer, ambientação dos compartimentos, monitorização das plantas da casa e integração de robôs domésticos e dos sistemas de comunicação. A integração destas variadas tecnologias motivou a criação de novas normas e meios de comunicação que permitem satisfazer as necessidades de maior capacidade de troca de informação, maior fiabilidade e uma melhor facilidade de montagem das redes quer na altura da construção da habitação, quer numa habitação já existente.

2.2 Sensores/Dispositivos

Nesta secção descreve-se alguns dispositivos existentes e/ou normalmente usados em redes de domótica.

- **Binary Input** - Permite receber informação binária do meio físico
- **Binary Output** - Permite ligar ou desligar outros dispositivos
- **Analog Input** - Permite receber informação proveniente de sensores analógicos
- **Analog Output** - Permite actuar em sistemas de controlo que recebam como valor de entrada uma quantidade analógica
- **Dimmer** - Permite fazer o controlo remoto da intensidade luminosa
- **Detector de Movimento** - Permite detectar o movimento de pessoas e executar acções em resposta
- **Detector de Presença** - Permite detectar o movimento de pessoas num compartimento e executar acções em resposta
- **Painéis de Controlo** - Permite controlar e acionar acções na habitação
- **Detectores de Humidade** - Permite medir a humidade absoluta e/ou relativa do ar
- **Sensor de Luz** - Permite medir a intensidade da iluminação num compartimento
- **Sensores de Temperatura** - Permite medir a temperatura num compartimento
- **Controlo de Temperatura** - Realiza o controlo de temperatura num compartimento
- **Medidor de Consumo Eléctrico** - Permite medir o consumo energético de outros dispositivos num compartimento ou numa secção de uma residência
- **Orbiters** - Permite controlar e acionar acções na habitação e receber informação dos sensores da habitação

No apêndice C é feita uma descrição mais detalhada de cada um dos sensores/dispositivos indicados.

2.3 Protocolos Usados em Aplicações Específicas

2.3.1 0-10 V

0-10 V é um dos mais antigos sistemas electrónicos de controlo de iluminação. É baseado num sinal DC que varia entre 0 a 10 V. O controlador luminoso deve ajustar a sua saída para que a 10 V a iluminação esteja a 100% da iluminação máxima e que a 0 V a iluminação esteja desligada. O Controlador pode ser desenhado para que responda entre vários padrões nas tensões intermedias, dando curvas que são lineares a: a tensão de saída, a intensidade luminosa efectiva de saída, potência de saída ou intensidade luminosa observável. Existem também variações em que a amplitude do sinal em vez de ser entre 0 V a 10 V é entre 1 V para 0% e 10 V para 100%.

O desenho simples deste protocolo faz com que seja fácil de perceber, implementar e diagnosticar enquanto a sua baixa corrente, tipicamente 1 mA, significa que pode funcionar em cabos relativamente finos com baixa queda de tensão. Infelizmente requer um fio por cada canal de controlo e um fio de retorno fazendo com que num sistema complexo este possa ter facilmente centenas de fios, exigindo assim cabos multipolares e conectores caros.

2.3.2 D54

D54 é um protocolo de comunicação analógico usado para o controlo de iluminação. Foi desenvolvido nos anos 70 e desenhado inicialmente para suportar 384 canais usando só um cabo com dois fios.

Foi criado para resolver o problema existente nos sistemas anteriores da necessidade de ter um fio dedicado para cada controlador de luminosidade. Isto implicava o uso de cabos multipolares e conectores caros. Este protocolo resolve o problema dividindo temporalmente o sinal de controlo para simular a existência de vários canais.

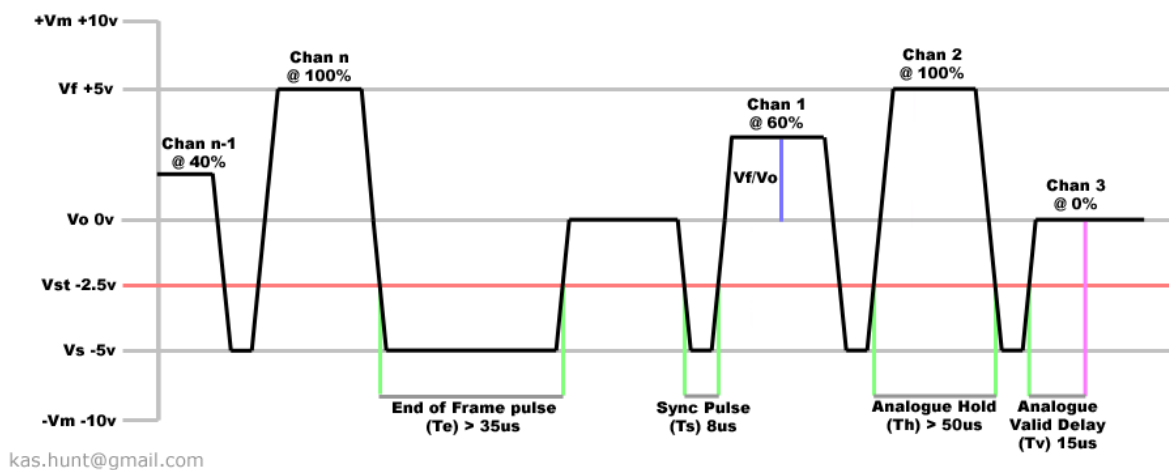


Figura 2.1: Diagrama temporal do protocolo de iluminação D54 (copiado de [1]).

2.3.3 DALI

DALI é um acrónimo que significa “Digital Addressable Lighting Interface”. É uma norma internacional que garante interoperabilidade de sistemas de controlo luminosos de diferentes fabricantes. Isto dá segurança a projectistas, fabricantes, instaladores e utilizadores finais de que existem diversas fontes de produtos compatíveis entre si.

O esquema seguinte (Figura 2.2) mostra a relação do sistema DALI com outras redes existentes e respectivas áreas de aplicação.

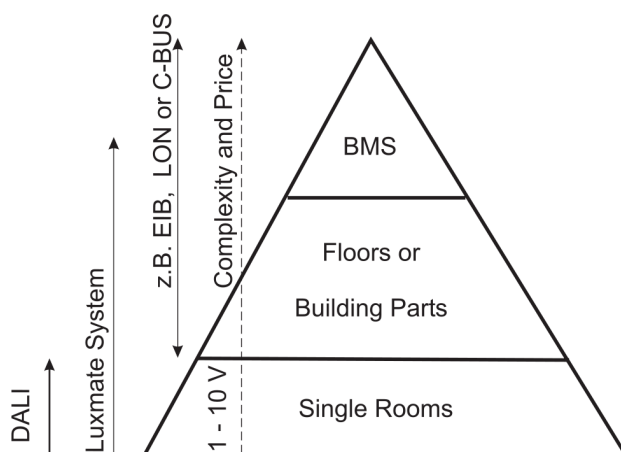


Figura 2.2: Relação do sistema DALI com outros sistemas de iluminação ou de domótica.

Como se pode verificar, o sistema DALI aplica-se exclusivamente em compartimentos, tal como o sistema 0-10 V. Em contrapartida, outros sistemas, como EIB e LON, já abrangem conjuntos de compartimentos e andares.

O sistema DALI pode ser usado em conjunto com outros sistemas, como por exemplo controlando a iluminação de cada compartimento de um edifício separadamente. A ligação entre os vários compartimentos seria feita por outro protocolo de rede. A figura 2.4 mostra um diagrama do funcionamento deste sistema.

Este protocolo possui várias vantagens e melhoramentos em relação ao *D54*. Uma delas é a instalação dos fios de controlo mais simples dado que não possui polaridade e não requer terminação, permitindo vários tipos de tipologia de rede. Outra vantagem é possuir capacidade de receber resposta da parte dos dispositivos o que permite além da confirmação dos comandos detectar automaticamente novos dispositivos no barramento.

2.3.4 4 - 20 mA

Um dos problemas das normas de comunicação tais como “0-10V” é a queda de tensão nos fios condutores quando estes possuem um comprimento considerável. Isto implica a recalibração em cada dispositivo para compensar estas quedas de tensão. Para resolver este problema em aplicações que impliquem condutores com comprimento considerável criou-se o padrão “4-20mA”. Este padrão em vez de usar tensões para codificar informação usa correntes

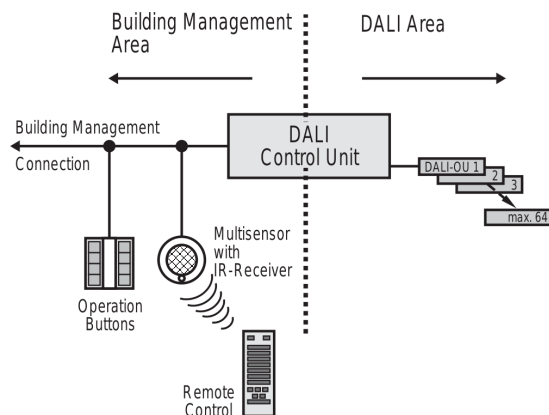


Figura 2.3: Diagrama de ligação do sistema DALI com sistemas de domótica.

em loops fechados. A utilização de “4mA” para limite inferior permite detectar situações em que o fio condutor está desligado ou partido, ou seja uma espécie de sinal de vida.

Para sistemas digitais pode-se codificar cada símbolo num dos valores de corrente 4mA ou 20mA. Também há a possibilidade de facilmente se utilizar acopladores ópticos.

As grandes vantagens deste sistema é que a fiabilidade do sinal não é afectada pela queda de tensão nos fios de ligação, não necessitando assim de calibração tal como acontecesse no protocolo “1-10 V”. Para além disso, permite a alimentação dos dispositivos através do barramento. Têm como desvantagem não permitir outras tipologias de rede que não o loop fechado.

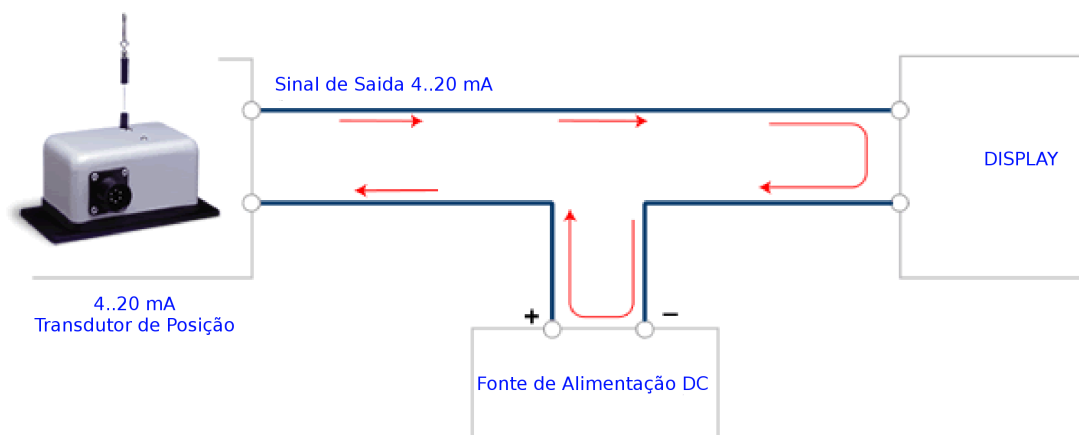


Figura 2.4: Diagrama de funcionamento de uma rede baseada em 4..20 mA.

2.4 Protocolos de Comunicação de Rede Usados em Domótica

2.4.1 X10

O X10 é um protocolo internacional de comunicação entre dispositivos electrónicos usado em automação residencial. Usa principalmente a rede eléctrica mas também existe uma versão wireless usando ondas de rádio. Foi desenvolvido na Escócia em 1975 tendo a sua patente expirado em 1997. Isto permitiu que várias empresas pudessem livremente criar novos dispositivos, o que resultou numa grande variedade de dispositivos de baixo custo no mercado. Outra grande vantagem deste protocolo é permitir ir construindo a rede pouco a pouco sem necessitar de instalação de cablagem nova. Juntamente com o baixo custo dos dispositivos isto permite comprar os dispositivos consoante a disponibilidade e a confiança obtida montando assim incrementalmente a a rede.

Dado que a especificação do protocolo é aberta e disponibilizada na internet [6] e também dado que o protocolo é bastante simples, existem bastantes esquemas de dispositivos criados por interessados nesta área disponíveis na internet.

Apesar da sua simplicidade e facilidade de instalação, o protocolo apresenta problemas de fiabilidade, especialmente quando a rede eléctrica possui muitos dispositivos ou cargas não resistivas. Aliado ao problema de comunicação, o protocolo não preveu de início a possibilidade do dispositivo enviar uma mensagem de resposta a confirmar o comando, o que conduzia a situações em que as lâmpadas não se apagavam em resposta a um comando, por erro de transmissão.

Também têm a desvantagem de a comunicação ser relativamente lenta, não permitindo a activação simultânea de diversos dispositivos.

2.4.2 INSTEON

O INSTEON surgiu da necessidade de melhorar a fiabilidade e capacidade das redes X10, mas mantendo a possibilidade das duas redes funcionarem ao mesmo tempo no mesmo meio sem uma haver interferência destrutiva entre elas. Os dispositivos INSTEON não têm que necessariamente ter a capacidade de comunicar via X10, mas no entanto o protocolo não o impede nem é de alguma forma incompatível com X10. Os projectistas são livres de criar dispositivos INSTEON/X10 híbridos que funcionem igualmente bem em ambos os ambientes, permitindo que os utilizadores actuais de produtos X10 actualizem facilmente para INSTEON sem tornar os seus investimentos anteriores obsoletos.

O INSTEON permite dispositivos simples de baixo custo serem ligados em rede usando a rede eléctrica, rádio frequência ou ambos. Todos os dispositivos são capazes de transmitir, receber ou repetir outras mensagens, sem exigir um controlador mestre ou um software complexo de roteamento. Cada dispositivo ao receber uma mensagem repete-a nos meios a que está ligado, num máximo de 3 retransmissões, aumentando assim o raio de acção. A repetição é feita em sincronismo entre os vários dispositivos, fazendo que as repetições colidam entre si em harmonia, tornando o sinal mais forte.

Desta forma, cada dispositivo adicionado faz a rede mais robusta e fiável. Há ainda duas vantagens a destacar. Se forem usados dispositivos que consigam comunicar utilizando os dois meios de comunicação, pode-se realizar a comunicação entre as fases sem ter que se usar um dispositivo próprio para esse efeito. Além disso, também se torna possível criar múltiplos caminhos para a mensagem atingir o dispositivo destino.

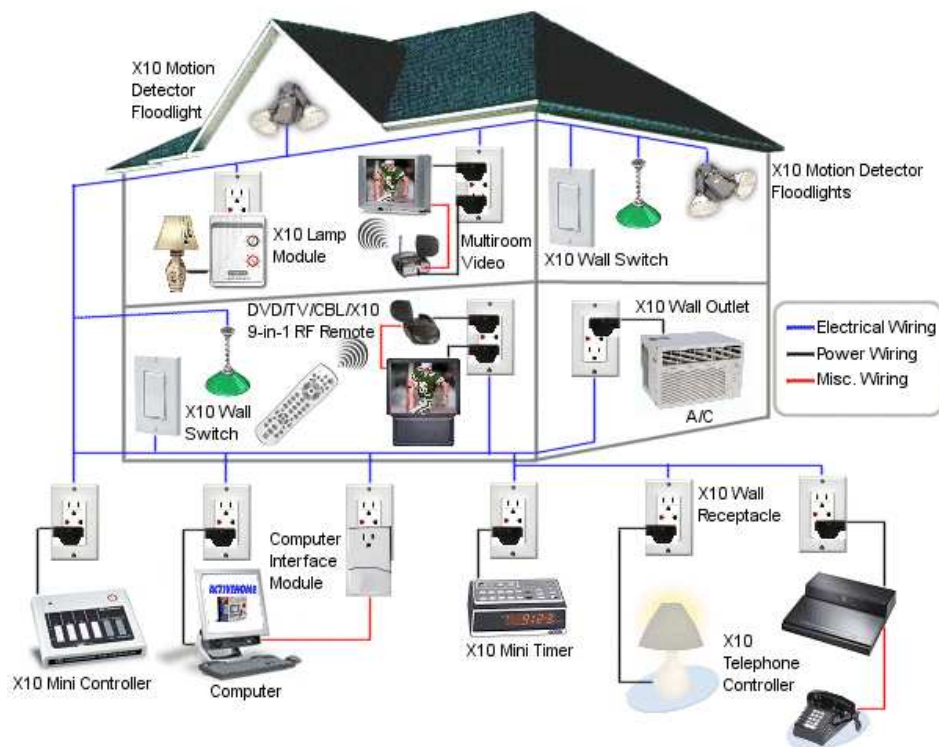


Figura 2.5: Arquitetura de uma rede X10.

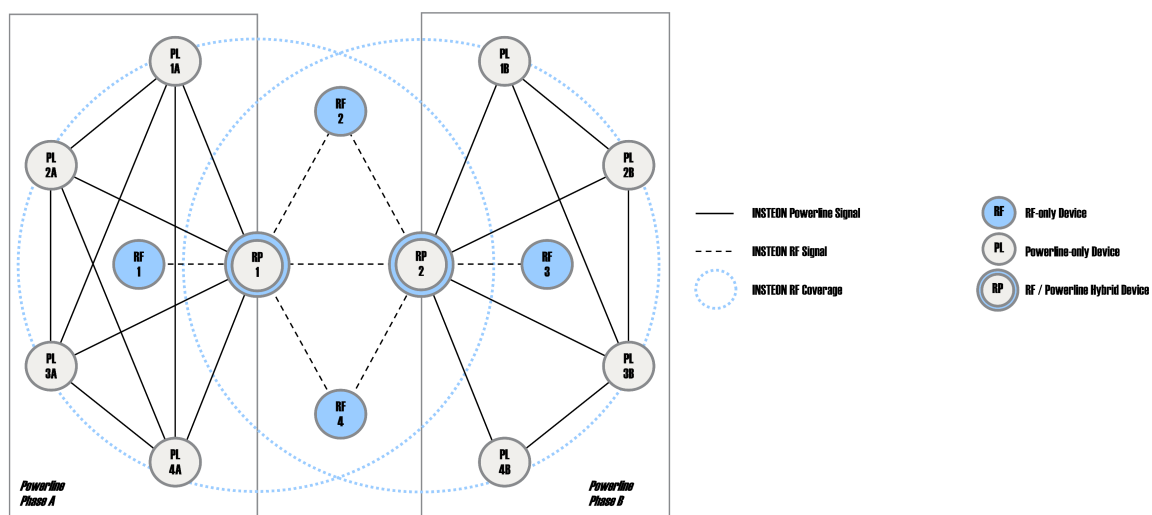


Figura 2.6: Propagação das mensagens INSTEON ao longo das retransmissões.

2.4.3 EHS

O protocolo European Home Systems (EHS) foi concebido para controlar os electrodomésticos e a comunicação em habitações utilizando o sistema de comunicação Power Line Communication (PLC) tendo sido desenvolvido pela European Home Systems Association (EHSA).

Este protocolo funciona utilizando a banda do espectro da rede eléctrica entre 125kHz e 140kHz para comunicar. Cada dispositivo antes de enviar pacotes escuta primeiro o meio para evitar colisões. A comunicação é assegurada através de um sistema de confirmação de recepção de mensagens resolvendo assim a falta nesta norma de sistemas de detecção de colisão.

2.4.4 BatiBUS

Batibus é um protocolo muito utilizado nos antigos sistemas franceses de controlo industrial.

Este protocolo de domótica é totalmente aberto, isto é, qualquer empresa interessada em introduzir o protocolo BatiBUS no seu portefólio de produtos pode fazer-lo.

Por outro lado, é um protocolo muito simples de instalar, para o que basta ter uma rede de fornecimento de energia a todos os dispositivos e uma topologia totalmente aberta que é utilizada por todos os dispositivos e aplicações. As principais características do Batibus são: a facilidade de instalação, baixo custo e boa capacidade de evolução, já que o protocolo permite acrescentar funções conforme as necessidades o exigam.

A nível de acesso, este protocolo usa a técnica CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) semelhante à Ethernet mas com resolução positiva das colisões. Isto é, se dois dispositivos tentarem aceder ao mesmo tempo a rede, ambos detectam que se está a produzir uma colisão, mas só o que tem maior prioridade continua a transmitir-lo; o outro deixa de transmitir sinal na rede. Esta técnica é muito similar à usada em CAN.

A ideia é que todos os dispositivos BatiBUS escutam as mensagens dos outros dispositivos, todos processam a informação recebida, mas só aqueles que tenham sido programados para isso é que passam à aplicação instalada em cada dispositivo.

A instalação do barramento pode fazer-se em diversas tipologias: estrela, anel, árvore ou qualquer combinação destas.

2.4.5 EIB

O European Installation Bus (EIB) foi desenvolvido como um sistema para controlo de cargas, ambiente e segurança, podendo ser instalado em grandes edifícios, tais como centros comerciais, escolas, hospitais e fábricas, como também em pequenas vivendas ou apartamentos. A sua função é a monitorização e controlo de serviços como a iluminação, aquecimento, ventilação e ar condicionado e segurança. A norma EIB foi proposta pela European Installation Bus Association (EIBA).

Esta associação é formada pelos principais fabricantes Europeus de Electrónica e Automação, tais como Siemens, ABB, Hager, Jung, entre outras. A EIBA tem como principais objectivos a regulamentação e promoção do EIB, através da certificação de centros de formação e da publicação e participação em feiras da especialidade.

O sistema EIB permite que os módulos que o compõem sejam alimentados pelo próprio meio de comunicação, seja este um par entrelaçado ou a rede eléctrica. Outros módulos

poderão, adicionalmente, adquirir energia através de outras fontes, como acontece com os módulos que usam a radiofrequência ou os infra-vermelhos para a comunicação.

O EIB foi projectado de forma a permitir um controlo distribuído para a gestão e monitorização de edifícios. Desta forma permite uma comunicação em série entre todos os dispositivos ligados ao barramento.

O barramento é normalmente implementado como um sistema descentralizado mas, no entanto, permite sempre que necessário, a implementação de um sistema centralizado, sendo apenas necessário a inserção de um controlador de aplicações no barramento. A gestão num sistema descentralizado fica a cargo dos diferentes dispositivos que, dependendo da função, podem ser transmissores, receptores ou ambos. Estes comunicam directamente entre si sem recurso a uma hierarquia ou a um dispositivo central de controlo tornando o sistema muito flexível.

2.4.6 KNX

O KNX é o dos pouco protocolos abertos a contemplar o controlo de um prédio, ou seja, o controlo da iluminação, aquecimento, ventilação, ar condicionado e persianas, e que esteja aprovado como normal internacional. Resultou da combinação de esforços dos três consórcios responsáveis pelas normas EHS, BatiBUS (BatiBUS) e EIB em 1997 para formar uma norma internacional de domótica, formando assim a *KNX Association*. Em 2002 a associação publica a especificação KNX (KNX) baseando-se na especificação do EIB, completada com novos mecanismos de configuração e meios de comunicação originalmente desenvolvidos pela BatiBUS e EHS. Actualmente conta com mais de 200 membros e/ou fabricantes diferentes fazendo com que exista uma grande variedade de componentes disponíveis para serem utilizados.

Os sensores e actuadores podem ser programados e ligados inicialmente por pessoal técnico, mas permitem que os ocupantes da casa consigam manipular as funções do sistema EIB usando os interruptores habituais, o telefone ou através de ecrãs tácteis. As ligações podem ser alteradas conforme necessário e também podem ser adicionadas novas funções ao sistema em qualquer momento.

Cada dispositivo apresenta um grupo de objectos de comunicação, cada um dos quais apresenta um dos tipos de dados padrão. O desenhador do projecto estabelece comunicação compartilhada de variáveis ligando dois objectos do mesmo tipo com um endereço de grupo. Por exemplo, o valor de saída de um sensor de temperatura pode ser ligado à entrada correspondente de um controlador de temperatura ambiente, ou o objecto de saída de comutação de um sensor de botão para o objecto de entrada de um dispositivo de saída binário.

2.4.7 LonWorks

LonWorks é uma tecnologia de rede criada especificamente para atender às necessidades de aplicações de controlo. A plataforma é construída sobre um protocolo proprietário criado pela *Echelon Corporation* para redes de dispositivos sobre meios como par entrelaçado, rede eléctrica e fibra óptica. É usada para a automação de várias funções, tais como iluminação e climatização.

Os sistemas LonWorks são baseados num chip micro-controlador especialmente concebido para o efeito, o chip Neuron, que faz parte do dispositivo de controlo LonWorks. O chip Neuron e o protocolo de comunicação LonTalk associado foram desenvolvidos pela *Echelon Corporation* de modo a embutir inteligência em aparelhos de controlo através de equipamento

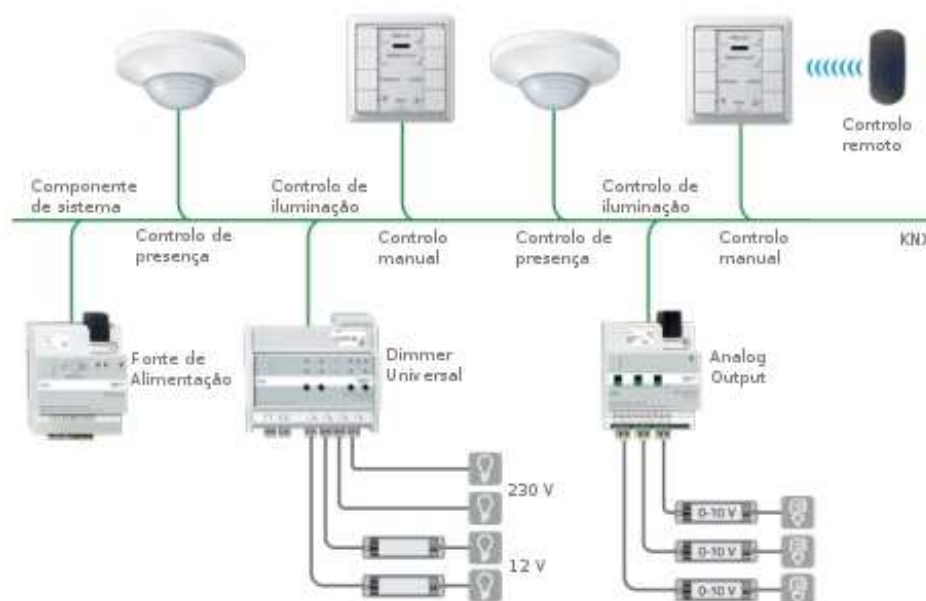


Figura 2.7: Diagrama lógico de uma possível rede EIB/KNX.

electrónico pequeno e de baixo custo. O protocolo Lontalk pode ser implementado noutros micro-controladores, mas a solução mais comum, inclusive utilizada pela maior parte dos produtores, é o chip Neuron.

O chip Neuron faz a gestão dos detalhes do protocolo de comunicação LonWorks, tais como: transporte de mensagens, endereçamento, acesso ao meio e sinalização de tarefas. Dependendo da arquitectura do dispositivo de controlo, pode também gerir a organização dos dados e a lógica de controlo. Todos os dados de controlo estão organizados em tipos de variáveis-padrão, com estruturas e formatos definidos no padrão do protocolo. Cada função é representada como um bloco, que aceita variáveis de entrada, faz algum processamento ou cálculos e gera variáveis de saída. Dispositivos relativamente simples têm poucos blocos, mas controladores complexos podem possuir muitos blocos. O funcionamento de cada bloco e/ou função pode ser re-ajustada mudando as suas propriedades.

A partilha de dados de controlo está representada como ligações entre as variáveis de entrada e de saída. Estas variáveis podem ser associadas dentro do mesmo bloco de função, a dois blocos de função dentro do mesmo dispositivo de controlo, ou a dois blocos de função em diferentes dispositivos de controlo. Quando a ligação é entre variáveis dentro do mesmo dispositivo, o processamento é interno. No entanto, se a ligação envolver dois dispositivos de controlo diferentes, a informação de controlo tem que ser formatada e empacotada numa mensagem e transmitida para o segundo dispositivo. O padrão da LonWorks especifica os meios de comunicação, endereçamento e outros requisitos de rede para uma comunicação eficiente e fiável entre os dispositivos de controlo.

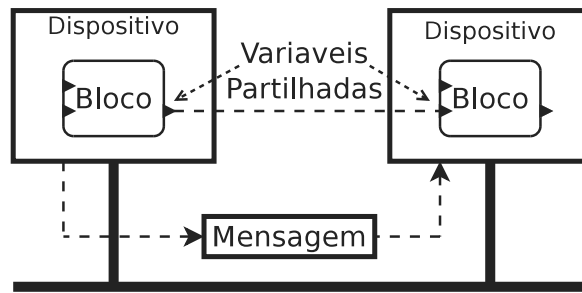


Figura 2.8: Modelo funcional de um dispositivo de uma rede LonWorks.

2.5 Protocolos de Comunicação de Rede Usados Noutros Domínios de Aplicação

2.5.1 CAN

O CAN é um protocolo série usado em barramentos de campo para aplicações de tempo-real. Foi inicialmente desenvolvido para uso na indústria automóvel mas actualmente está a ser usado em larga escala em aplicações embutidas tais como controlo industrial onde grande velocidade de comunicação, robustez e fiabilidade é necessária.

O protocolo CAN foi internacionalmente estandardizado em 1993 e engloba a camada de ligação de dados e a camada física no modelo de referência de sete camadas Open Systems Interconnection (OSI). Ele fornece dois serviços de comunicação: envio de uma mensagem e o pedido de transmissão de uma mensagem. Todos os outros serviços, tais como, a sinalização de erro e retransmissão automática de frames com erros, são transparentes para o utilizador o que significa que o controlador CAN faz estes serviços automaticamente.

O protocolo CAN fornece:

- Uma hierarquia multi-master que permite a construção de sistemas inteligentes e redundantes. Se um nodo da rede falha, a rede ainda consegue funcionar.
- Difusão de comunicação. O emissor de informação transmite para todos os dispositivos no barramento. Todos os aparelhos receptores lêem a mensagem e depois é que decidem se ela é relevante para eles. Isto faz com que integridade de dados seja bastante forte dado que todos os dispositivos no sistema recebem e usam a mesma informação.
- Mecanismos sofisticados de detecção de erros e retransmissão de mensagens com defeito.

No contexto deste trabalho optou-se pelo protocolo CAN para suportar a comunicação na rede local porque:

- não requer hardware dispendioso existindo diversos micro controladores com um ou mais controladores CAN integrados.
- utiliza um sistema de arbitragem não destrutiva o que permite uma utilização eficiente da rede para grandes taxas de utilização da rede.
- possui um sistema de detecção de erros bastante fiável e retransmissão automática das mensagens.
- é bastante robusto a interferência electromagnética externas.

Topologia

A topologia de ligação de uma rede CAN utilizando par entrelaçado como meio físico deverá ser tão próxima quanto possível a uma estrutura em linha para minimizar ondas reflectidas por cabo. As linhas do barramento têm de ser terminadas por resistências em ambas pontas.

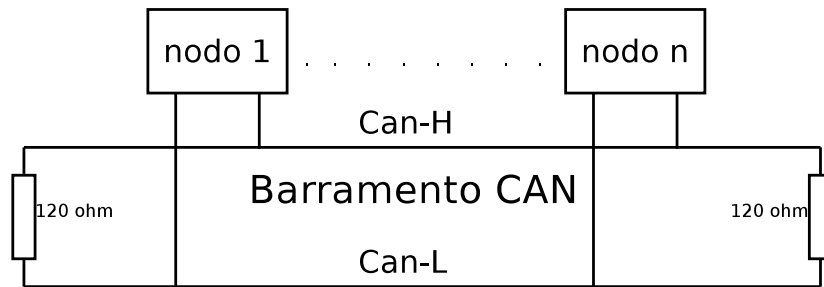


Figura 2.9: Configuração da rede CAN.

A topologia depende dos parâmetros da temporização dos bits, do comprimento L_t do cabo “principal” e do comprimento L_d da derivação do cabo “principal”. Na prática são necessárias pequenas derivações para ligar os dispositivos ao cabo principal. Eles devem ser tão curtos quanto possível, especialmente a velocidades mais elevadas.

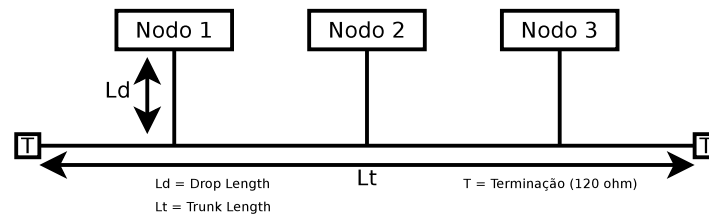


Figura 2.10: Topologia em barramento no protocolo CAN.

É possível utilizar outras topologias de rede recorrendo a repetidores e/ou gateways. Utilizando estes dispositivos mantém-se os segmentos como um barramento do ponto de vista eléctrico. A utilização deste dispositivos também tem a vantagem de que os sinais são regenerados.

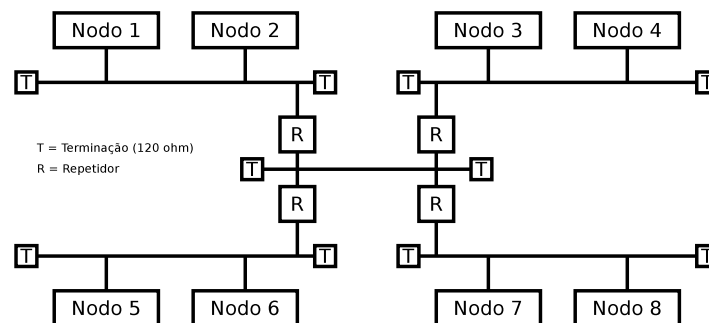


Figura 2.11: Topologia híbrida no protocolo CAN.

Nodo CAN

Um nodo CAN é normalmente composto por um micro-controlador e um controlador CAN que é conectado a um transceptor através de uma ligação série de saída (TX) e de entrada (RX). O transceptor normalmente é alimentado a uma tensão nominal de +5V.

Em condições estáticas, a diferença de tensão a entrada de um nodo CAN é determinada pela corrente que percorre as resistências de terminação do barramento. No caso de um bit dominante os transístores de saída estão activos, causando uma corrente através das resistências de terminação, enquanto que no caso de um bit recessivo os transístores são desligados.

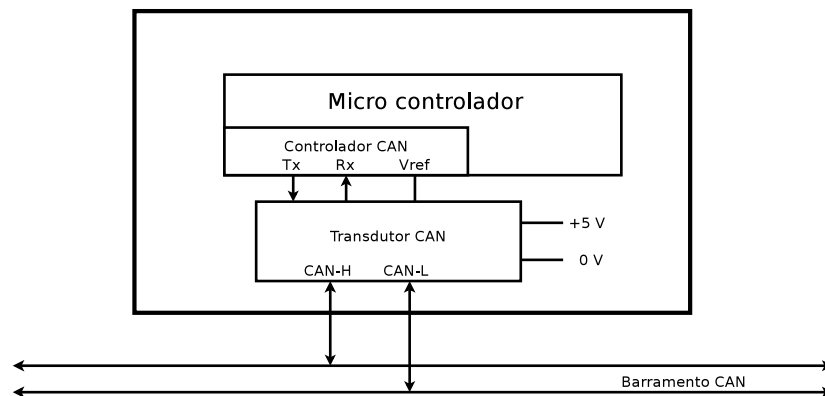


Figura 2.12: Detalhes de um nodo CAN.

Níveis de Sinal

Um controlador CAN está ligado a um transdutor compatível através de uma linha série de saída (TX) e uma linha série de entrada (RX). O transceptor está ligado ao barramento através dos seus dois terminais CAN-H e CAN-L, que lhe fornece a capacidade de recepção e transmissão diferencial. Enquanto que os terminais TX e RX possuem uma direcção associada, o sinal diferencial entre CAN-H e CAN-L não é direccionado.

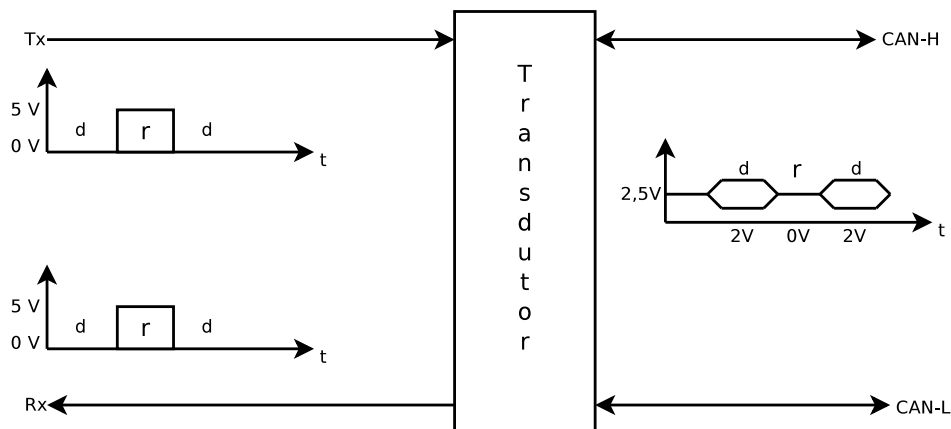


Figura 2.13: Níveis do sinal dentro de um barramento CAN.

Interferência Electromagnética

Devido à natureza diferencial da transmissão, o sinal CAN é insensível à interferência electromagnética, porque ambas as linhas do barramento são afectadas da mesma maneira, o que deixa o sinal diferencial não afectado ($V_{diff} = \text{constante}$).

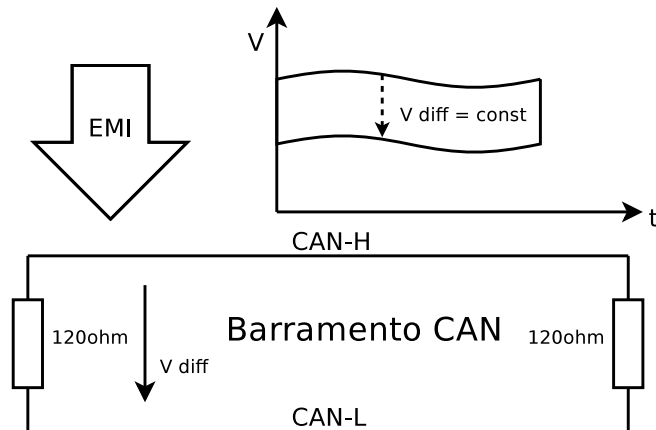


Figura 2.14: Interferência Electromagnética num barramento CAN.

Trama de Dados

Uma trama de dados é produzida por um nodo quando este deseja transmitir dados ou se a transmissão de dados foi pedida por outro nodo. Em cada trama podem ser transportados até 8 bytes de dados.



Figura 2.15: Trama de dados CAN.

A trama de dados começa com um bit dominante *Start of Frame (SOF)* para permitir sincronização da trama com todos os nodos da rede.

O bit *SOF* é seguido pelo campo *Arbitration* que reflecte o conteúdo e a prioridade da mensagem (id da trama).

O campo seguinte é o *Control* que especifica principalmente o número de bytes dos dados contidos na mensagem e o tipo de trama em causa.

O campo *Data* contem os dados a serem enviados nesta mensagem. O tamanho deste campo é dado pelo campo anterior.

O campo *Cyclic Redundancy Chek (CRC)* é usado para detectar possíveis erros de transmissão. Consiste num CRC de bits terminado por um bit recessivo.

Durante o campo *Acknowledgement (ACK)*, o nodo transmissor envia um bit recessivo. Qualquer nodo que receba uma trama sem erro indica esta informação enviando de volta um bit dominante dentro deste campo.

Relação entre a taxa de transmissão e o comprimento do barramento

Dado que durante a transmissão de uma trama é necessário a confirmação de que a trama não possui erros por parte dos outros nodos e como tal necessário uma boa sincronização bit a bit, o tamanho máximo do barramento CAN é inversamente proporcional ao bit rate da rede.

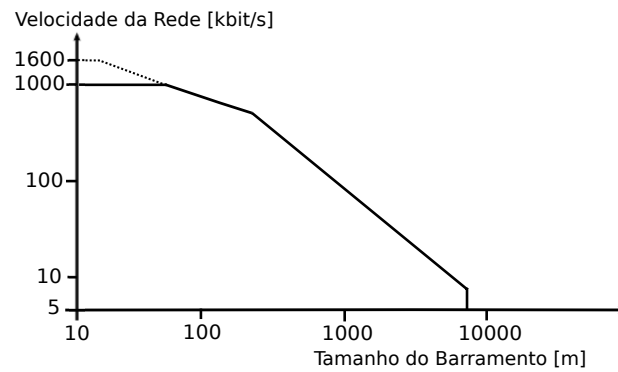


Figura 2.16: Relação entre a taxa de transmissão e o comprimento máximo de um barramento CAN.

Capítulo 3

Arquitectura da Rede

3.1 Introdução

Cada vez mais habitações possuem redes de comunicação internas para distribuição de Internet pela habitação. Essas redes praticamente utilizam Ethernet e Wifi como meio físico e TCP/IP para a camada de rede. Estas redes domésticas têm vindo cada vez mais a aumentar de tamanho e complexidade, deixando de servir simplesmente para disponibilizar Internet por toda a habitação, mas também permitem a integração de sistemas multimédia. Esta utilização de redes domésticas aumentou ao ponto que durante a construção de novas habitações já é previsto a instalação da cablagem para redes Ethernet da mesma forma que já é feito para a rede de telefone.

Actualmente é possível utilizar redes ethernet que operem sobre a rede eléctrica. Assim desta forma é possível utilizar a instalação eléctrica da habitação em vez instalar novos fios condutores, o que facilita a integração nas habitações mais antigas. Uma dessas normas é a HomePlug que foi desenvolvida pela aliança HomePlug Powerline. Esta norma define o método de acesso ao meio e a camada física para redes de baixa tensão. Ela utiliza sistemas de detecção e correcção de erros, retransmissão automática em caso de erro e inclui a capacidade de encriptar a comunicação. Actualmente a maior parte dos dispositivos que utilizam esta norma são adaptadores que permitem utilizar a rede eléctrica para unir duas redes ethernet distantes entre si.

As normas existentes de domótica, tais como, LonWorks ou KNX, permitem a utilização de redes ethernet TCP/IP para monitorização remota ou como rede de transporte entre dispositivos da mesma norma. Por exemplo, se tiver uma rede KNX e necessitar de ligá-la a outra rede KNX pode-se utilizar uma rede ethernet para realizar o transporte da informação entre as redes. Desta forma temos uma rede global de dois níveis: um nível composto pela rede de transporte baseada em TCP/IP e o outro nível composto pela rede KNX.

3.2 Diagrama da Rede

Neste trabalho, optou-se então por utilizar uma rede composta por dois níveis, tal como se pode observar na figura 3.1. A separação da rede em dois níveis faz com que estas duas redes funcionem de forma quase independente, sendo ligadas entre si através de um *gateway*. Cada secção da rede utiliza diferentes tipos de tecnologia com objectivos e usos diferentes. A divisão em duas secções tendo gateways intermediários entre as duas secções, faz com

que outras normas de comunicação como, por exemplo, X10 e KNX, possam ser ligadas ao backbone de forma transparente, traduzindo a comunicação dos dispositivos para o backbone e vice versa.

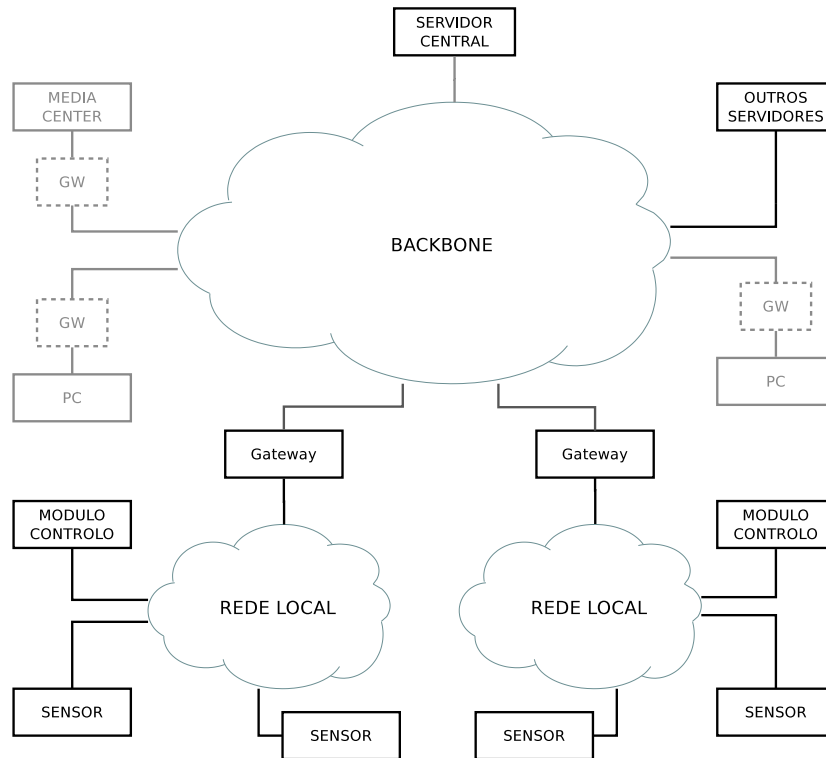


Figura 3.1: Diagrama da rede de domótica.

O servidor central funciona como supervisor da rede. Mantém uma lista dos dispositivos ligados à rede *Backbone*, os respectivos objectos de cada dispositivo e o estado de cada dispositivo e ou objecto. Também têm como função a configuração dos dispositivos à medida que entram em funcionamento. É possível a rede funcionar sem este elemento desde que os dispositivos na rede *Backbone* já tenham sido previamente configurados.

O *GW* comporta-se como um gateway e serve para traduzir o protocolo de comunicação usado na rede local a que ele está ligado no da rede *Backbone*. Ele funciona mapeando o funcionamento na rede local no sistema de objectos usado no *Backbone*.

Os Sensores e/ou *Módulos de controlo* são os elementos que possuem sensores e actuadores para interagir com o meio ambiente.

Os elementos a cinzento no diagrama, servem para representar partes da rede que não irão ser desenvolvidas neste trabalho. Estão incluídos no diagrama para ilustrar a integração de todos os componentes previstos a serem incluídos e de que forma se relacionam no sistema.

3.3 Rede Backbone

Possui o seu próprio protocolo de domótica estando as redes locais estão ligadas ao backbone através de gateways, mapeando assim os protocolos de cada rede local utilizados no modelo utilizado na rede backbone. Desta forma, a lógica de controlo só tem que conhecer

o modelo de comunicação usado nesta rede, permitindo assim a utilização de dispositivos de outras redes com protocolos diferentes.

Optou-se por usar uma rede ethernet como meio físico da rede *Backbone*. Isto é devido a que esta tecnologia permite atingir grandes velocidades de comunicação e de suportar vários meios físicos tais como cabo de par traçado, fibra óptica e linhas de alimentação utilizando tecnologia como Homeplug. Outro motivo é a crescente utilização doméstica desta tecnologia e a instalação de raiz nas habitações.

3.4 Rede Local

A rede local faz a ligação dos sensores/actuadores colocados ao longo da habitação (e/ou em partes da habitação) a rede *Backbone*. Pode ser dividida em várias secções não directamente ligadas entre si e cada secção pode ter o seu próprio protocolo de comunicação.

Ao contrário da rede *Backbone* os dispositivos nesta rede estão relativamente próximos entre si e podem ter que ser colocados em localizações específicas em cada compartimento. Devido a isto esta rede precisa de ser facilmente ratificável, idealmente sem utilizar dispositivos para implementar essas ramificações. Na figura 3.2 pode-se observar um possível cenário desta ramificação.

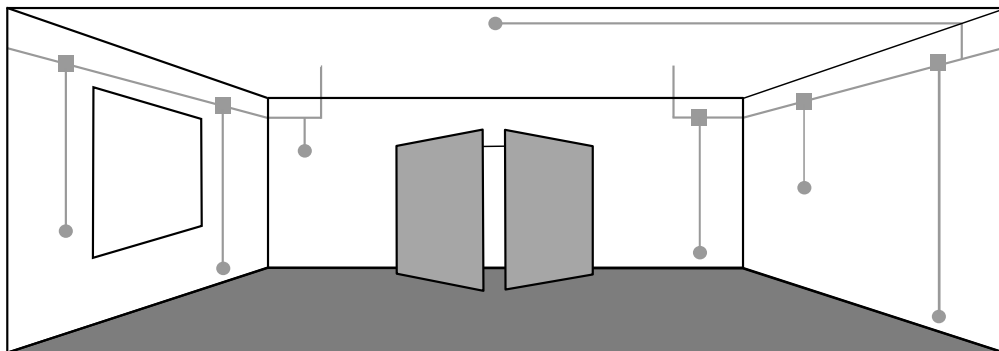


Figura 3.2: Exemplo do posicionamento dos sensores e do barramento de comunicação.

Optou-se neste trabalho por usar redes CANA para implementar a camada física da rede local. Um dos motivos da escolha deste protocolo é a sua utilização pela indústria automóvel e em sistemas de automação industrial. Também é um protocolo bastante robusto contra perturbações externas e necessita de poucos componentes externos para implementar uma rede. Outro motivo é a inclusão do controlador CAN na maioria dos micro controladores existentes.

Optou-se utilizar CANOpen para a camada de rede e aplicação da rede local. Por ser um protocolo usado em sistemas de automação industrial e sistemas médicos. Tal como as redes KNX e LonWorks, os dispositivos são modelados como objectos com propriedades e prevê diversos serviços que permite, monitorizar o estado de cada dispositivo, aceder as propriedades de cada um deles e criar ligações virtuais entre si de forma a não necessita de um dispositivo central.

3.5 Servidor Central

O servidor central serve como supervisor da rede. Tem como função manter uma imagem do estado do funcionamento de cada dispositivo ligado a rede *backbone*. Também guarda as informações de configuração de todos os dispositivos, configurando-os à medida que entram em funcionamento.

O servidor central pode ser um servidor sem monitor ou teclado/rato que não necessita de um lugar específico na habitação, bastando ter uma boa conectividade com a rede. Dado que funciona simplesmente como supervisor da rede, a maior parte do tráfego da rede não passa pelo servidor.

Capítulo 4

Rede Local

Neste capítulo é descrito em mais detalhe o protocolo de comunicação usado na Rede Local e o respectivo diagrama de funcionamento.

4.1 CANOpen

O CANOpen é um protocolo baseado em CAN que implementa as camadas mais elevadas no modelo OSI. Foi desenvolvido como uma rede embebida estandardizada com capacidades de configuração flexíveis. O CANOpen foi desenhado para redes de controlo de máquinas, tais como sistemas de manuseamento. Actualmente é usado em variados campos, tais como em equipamento médico, veículos todo o terreno, electrónica marítima, transportes públicos, automação, entre outros.

Foi pré-desenvolvido num projecto *Espritm* sob a direcção da Bosch. Em 1995 a especificação CANOpen foi cedida ao grupo internacional CAN in Automation (CiA). Originalmente o perfil de comunicação CANOpen era baseado no protocolo CAN Application Layer (CAL). As especificações CANOpen cobrem a camada de aplicação e perfil de comunicação (Documento CiA DS301), assim como um conjunto de ferramentas para dispositivos programáveis (Documento CiA DS302), recomendações para cabos e conectores a usar em redes CANOpen (Documento CiA DS303-1). A camada de aplicação, assim como os perfis baseados em CAN são implementados em software.

O protocolo CANOpen fornece objectos de comunicação estandardizada para dados em tempo real Process Data Objects (PDO), dados para configuração Service Data Objects (SDO), e funções especiais (tais como envio de mensagens sincronizadas Synchronisation Objects (SYNC), serviço de propagação de tempo e envio de mensagens de emergência), assim como dados de gestão de rede (mensagem de iniciar, mensagem de gestão de rede e controlo de erro).

No contexto deste trabalho optou-se por utilizar o protocolo CANOpen no trabalho para implementar a camada applicacional dado que:

- é utilizado em sistemas de automação industrial, sistemas médicos, sistemas de elevadores, escadas rolantes, entre outros.
- existe, várias implementações comerciais e opensource da pilha protocolar.
- é uma norma aberta em que os fabricantes não têm que pagar uma taxa pela utilização do protocolo.

- utiliza um sistema de perfis que permite padronizar o tipo de dispositivos de forma a que tenham o mesmo tipo de comportamento, o que numa rede de domótica permite a utilização deste tipo de dispositivos sem intervenção do utilizador ou com intervenção reduzida.

4.1.1 Interações entre Camadas Protocolares

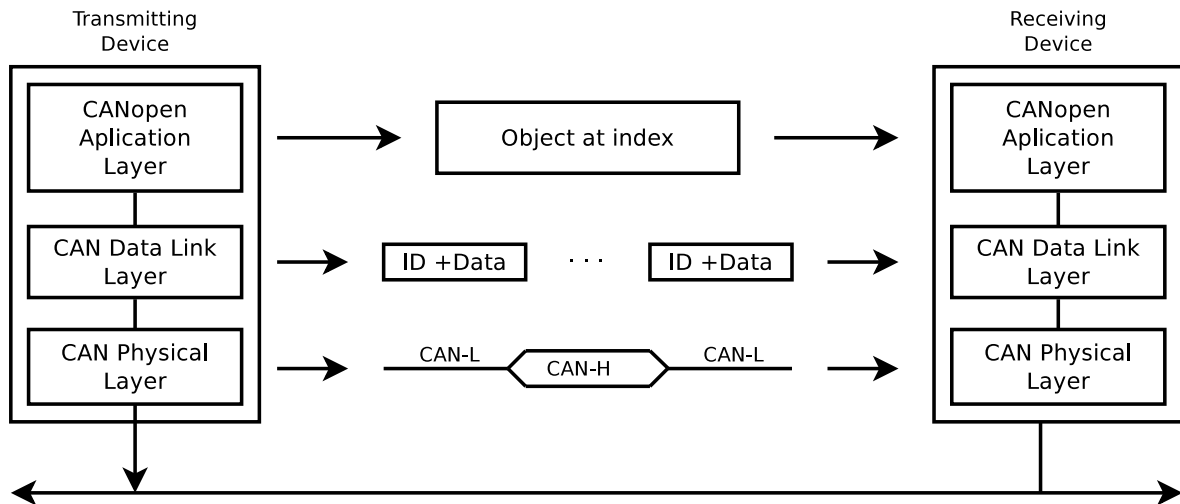


Figura 4.1: Interação entre camadas protocolar numa rede CANopen.

Na camada de aplicação numa rede CANOpen os dispositivos fazem a troca de informação sobre objectos de aplicação e objectos de comunicação. Todos os objectos são acessíveis através de um índice de 16 bits e de um sub índice de 8 bits.

Estes objectos de comunicação (COB) estão mapeados em uma ou mais tramas CAN com certo identificador CAN associado. A camada física CAN trata da codificação da mensagem CAN a baixo nível, isto é, os níveis associados a cada bit e a sua respectiva duração.

4.1.2 Modelo de um Dispositivo CANopen

O dispositivo CANopen pode ser dividido em três partes:

- Interface de comunicação
- Dicionário de objectos
- Código da aplicação

A interface de comunicação fornece serviços para transmitir e receber objectos de comunicação no barramento.

O dicionário de objectos descreve todos os tipos de dados, objectos de comunicação e objectos de aplicação usados neste dispositivo. Serve como interface para o código de aplicação para que este possa interagir com o barramento.

O código de aplicação fornece a funcionalidade de controlo interno e como interface para o hardware.

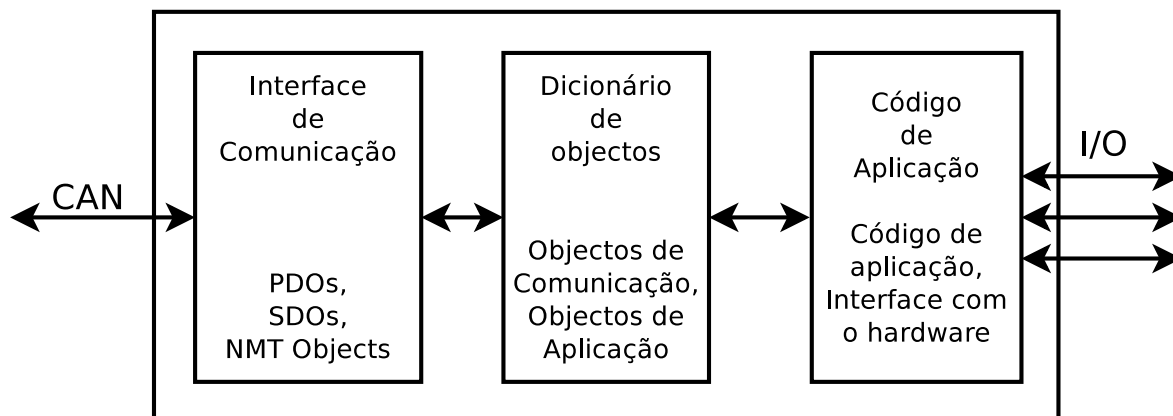


Figura 4.2: Modelo de um dispositivo CANopen.

4.1.3 Dicionário de Objectos

A parte mais importante de um dispositivo CANopen é o dicionário de objectos. O dicionário é essencialmente um grupo de objectos acessíveis através da rede numa maneira ordenada pré-definida. Cada objecto dentro do dicionário é posicionado usando um índice de 16 bits e cada propriedade do objecto é posicionado usando um sub índice de 8 bits.

Para melhor organização do dicionário dividiu-se este em 5 secções, tal como se pode observar na tabela 4.1.

Na secção *Data Types* contem uma descrição dos tipos das propriedades usados nos objectos. Os objectos nesta secção normalmente não são implementados nos dispositivos. São normalmente usados nos ficheiros de descrição do dicionário para permitir a utilização de ferramentas automáticas para utilizar e configurar os dispositivos.

Na secção *Communication Entries* contem objectos que configuram os parâmetros de comunicação usados por este dispositivo, tais como, o perfil implementado no dispositivo, a condição de erro actual, informação de identificação do dispositivo, entre outros.

Na secção *Manufacturer Specific* é uma secção dedicada para objectos específicos do fabricantes. Nesta zona colocam-se os objectos que implementem funcionalidades extra, isto é, que não estejam previstas no perfil do dispositivo actualmente a ser usado.

Na secção *Device Profile Parameters* são colocados objectos associados a um perfil standardizado. Cada objecto têm o seu lugar índice no dicionário já pre-definido segundo o perfil usado, sendo só permitido colocar objectos que estejam previsto no perfil.

Na secção *Reserved* encontra-se actualmente reservado para possíveis futuras expansões ao protocolo.

Na tabela 4.2 pode-se observar alguns objectos de comunicação existentes nos dispositivos CANOpen.

Perfis

Perfis de dispositivos especificam objectos de aplicação suportadas, códigos de erro adicionais e mapeamento PDO por defeito. Possuem objectos mandatários e opcionais. A existência de objectos opcionais permite aos fabricantes escolher as funcionalidades pretendidas para o dispositivos. Desta forma se o fabricantes optarem por implementar um objecto opcional, ele

Index Range	Description
0000h	Reserved
0001h - 0FFFh	Data Types
1000h - 1FFFh	Communication Entries
2000h - 5FFFh	Manufacturer Specific
6000h - 9FFFh	Device Profile Parameters
A000h - FFFFh	Reserved

Tabela 4.1: Organização do dicionário de objectos.

Index	Sub Index	Type	Description
1000h	0	UNSIGNED32	Device Type Information
1001h	0	UNSIGNED8	Error Register
1017h	0	UNSIGNED16	Producer Heartbeat Time
1018h			Identify Object
	0	UNSIGNED8	= 4 (Number of sub-index entries)
	1	UNSIGNED32	Vendor ID
	2	UNSIGNED32	Product Code
	3	UNSIGNED32	Revision Number
	4	UNSIGNED32	Serial Number

Tabela 4.2: Alguns objectos existentes no dicionário de objectos de um nodo CANopen.

têm que o implementar da forma indicada pelo perfil. Assim desta forma é relativamente fácil utilizar dispositivos implementados por fabricantes diferentes. Perfis standardizados pela CiA usam as entradas do objecto dicionário desde 6000h até 9FFFh.

Algumas especificações de perfis de dispositivos:

- CiA 401 I/O modules
- CiA 406 Encoders
- CiA 410 Inclinometers
- CiA 415 Road construction machinery
- CiA 416 Door control
- CiA 417 Lift control systems
- CiA 418 Battery modules
- CiA 419 Battery chargers
- CiA 425 Medical diagnostic add-on modules

4.1.4 Comunicação - *Service Data Object*

O serviço de comunicação *Service Data Objects (SDO)* permite o acesso ao dicionário de um dispositivo através do barramento. Um *SDO* usa duas tramas CAN com diferentes identificadores dado que a comunicação requer confirmação dos comandos.

Através de um *SDO* pode-se estabelecer um canal de comunicação entre dois dispositivos. O dono do dicionário é o servidor do *SDO*. Um dispositivo pode suportar mais do que um servidor de *SDO*. Pelo menos um servidor é necessário suportar.

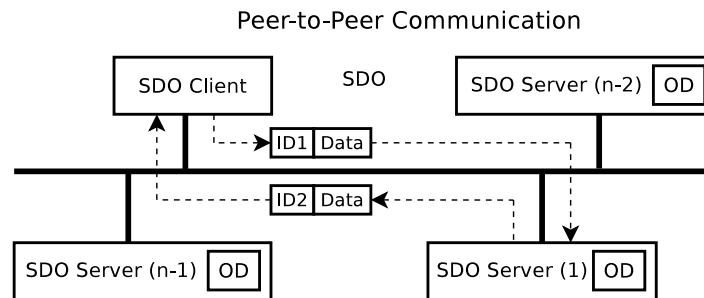


Figura 4.3: Serviço de comunicação *Service Data Object*.

4.1.5 Comunicação - *Process Data Object*

O serviço de comunicação *Process Data Object (PDO)* é um serviço de envio eficiente de partes do dicionário para outros dispositivos CANopen. A comunicação pode ser descrita através do modelo produtor/consumidor. A informação é transmitida a partir de um dispositivo (produtor) para outro dispositivo (consumidor) ou para muitos outros dispositivos (consumidores). A comunicação via *PDO* não é confirmada, ou seja, o produtor não recebe confirmação da recepção das mensagens por parte dos consumidores.

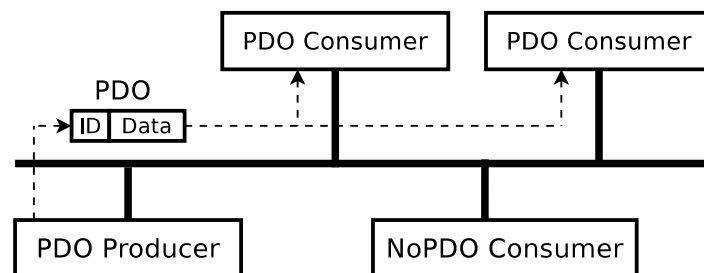


Figura 4.4: Serviço de comunicação *Process Data Object*.

Este serviço só requer configuração por parte do utilizador sendo que depois da configuração a comunicação é gerida pelo software que implementa o protocolo. A configuração deste serviço resume-se a configurar o identificador da mensagem CAN a ser usado para a transmissão, do tipo de accionamento da mensagem, e a listagem dos objectos a serem incluídos no campo de dados da mensagem CAN.

No serviço *PDO* distingue três modos de accionamento do envio de mensagens:

- A transmissão da mensagem é accionada através da modificação de algum objecto associado ao serviço (orientado a eventos) ou periodicamente mesmo não havendo ocorrido nenhuma alteração. Também permite uma combinação das duas opções fazendo com que as mensagens sejam transmitidas periodicamente se não houver alterações aos objectos associados ou sempre quando houver alteração com um tempo de inibição de forma a evitar a utilização abusiva do barramento.
- A transmissão pode ser accionada ao receber um pedido de envio remoto por outro dispositivo CANopen.
- A transmissão pode ser accionada ao expirar um período de transmissão específico, período esse obtido em vez de usar um temporizador interno um sinal temporal externo obtido pela recepção de mensagens SYNC.

4.1.6 Comunicação - Serviço de Sincronização

O serviço de sincronização segue um modelo de produtor/consumidor. Um único produtor fornece um sinal de sincronização para cada consumidor que necessite deste sinal, como por exemplo, o servidor de *PDO*.

Normalmente este serviço é usado para sincronizar a leitura e/ou a escrita no dicionário de objectos utilizando o serviço *Process Data Object* a quando a recepção das mensagens de sincronismo. A quando a recepção de uma mensagem de sincronismo o dicionário de objectos é lido e as são criadas as mensagens *TPDO*, sendo colocadas posteriormente na fila de transmissão. A quando a recepção de *RPDOs* a escrita do dicionário é atrasada até a recepção de uma mensagem de sincronismo. Nesta altura todas as mensagens são processadas e os dados recebidos escritos no dicionário.

Desta forma é possível definir com rigor os instantes de amostragem/actuação melhorando assim o controlo. Devido ao facto de que a mensagem de sincronismo é recebida por todos os dispositivos ao mesmo tempo, isto faz com que a leitura e/ou escrita no dicionário seja feita em todos os dispositivos ao mesmo tempo, melhorando assim o *jitter*.

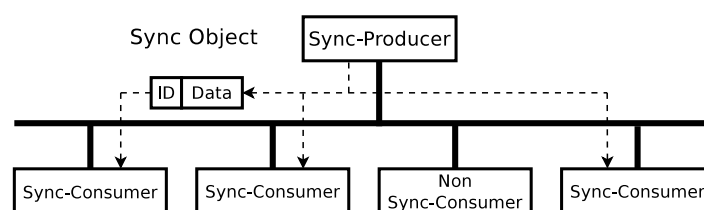


Figura 4.5: Serviço de sincronização em redes CANopen.

4.1.7 Comunicação - Serviço de Gestão da Rede

A gestão da rede CANopen segue uma estrutura master/slave. Requer um dispositivo na rede que desempenhe a função do *NMT master* e que os outros dispositivos desempenhem a função de *NMT slaves*.

A gestão da rede fornece as seguintes funcionalidades:

- Serviço de inicialização de dispositivos *NMT slave* que participem na rede,

- Serviços de controlo de erros para supervisão dos dispositivos e estado de comunicação da rede,
- Serviços de controlo da configuração dos dispositivos e respectiva transferência para o dispositivos na rede.

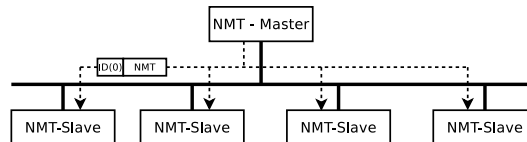


Figura 4.6: Serviço de gestão da rede numa rede CANopen.

Os dispositivos CANopen *NMT Slave* implementam uma máquina de estados. Após o *reset* e após a inicialização interna, o dispositivo entra automaticamente no estado Pré-operacional. Neste estado o dispositivo pode ser configurado e parametrizado pelo serviço SDO usando por exemplo uma ferramenta de configuração. Não é permitida nenhuma comunicação pelo serviço PDO neste estado.

O dispositivo *NMT Master* pode mudar o estado de todos os dispositivos na rede ou apenas um para o estado Operacional e vice versa. Neste estado é permitido a utilização do serviço de comunicação PDO. Ao transitar para o estado *Stopped* deixa de ser permitido utilizar os serviço PDO e SDO.

No estado Operacional todos os serviços de comunicação estão activos. É possível aceder ao dicionário de objecto através do SDO. Contudo alguns aspectos de implementação ou da máquina de estados da aplicação pode obrigar a desligar ou a tornar certos objectos da aplicação só para leitura enquanto o dispositivo está neste estado. Por exemplo, um objecto pode conter o programa da aplicação, que não pode ser alterado durante a execução.

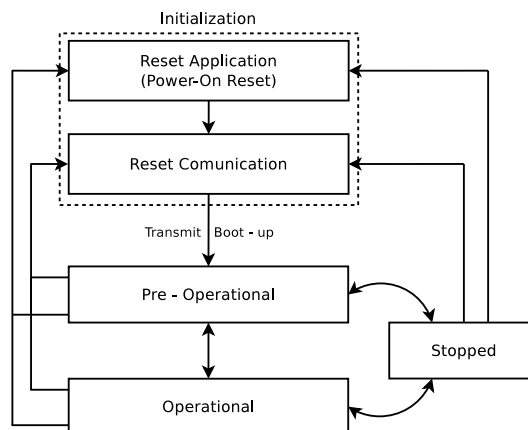


Figura 4.7: Máquina de estados implementado por um dispositivo *NMT slave* numa rede CANopen.

4.1.8 Comunicação - *Heartbeat*

Um produtor de Heartbeats (batidas cardíacas) transmite a mensagem de Heartbeat ciclicamente, com o intervalo de tempo definido no objecto de comunicação apropriado. Um ou mais consumidores de Heartbeats podem receber esta informação.

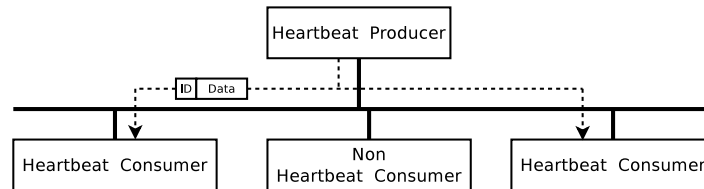


Figura 4.8: Serviço de *Heartbeat* numa rede CANopen.

A relação entre o produtor e o consumidor é configurável através de entradas do dicionário de objectos. O consumidor de *Heartbeats* vigia a recepção de mensagens dentro de um intervalo de tempo associado a aquele consumidor. Se não for recebida uma mensagem durante este intervalo de tempo ocorrerá um evento de erro.

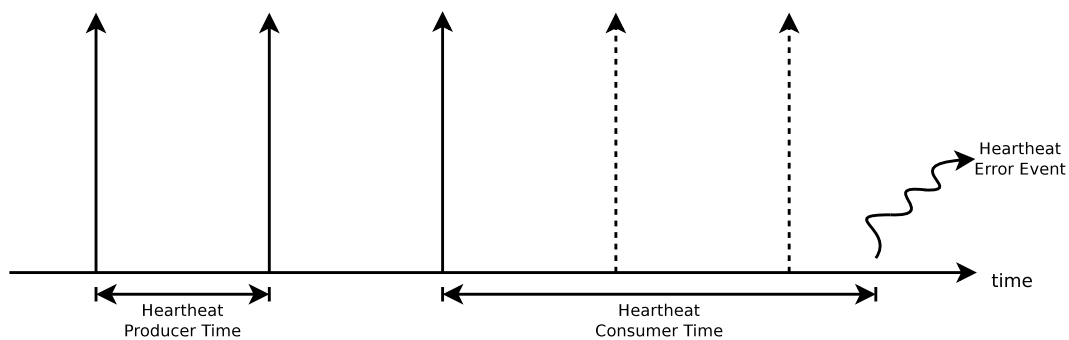


Figura 4.9: Diagrama temporal do serviço de *Heartbeat* numa rede CANopen.

4.2 Considerações sobre a rede CAN/CANopen

Foi usado neste trabalho para a rede local a montagem representada na figura 4.10. Ela é composta por um ou mais sensores, uma fonte de alimentação, um gateway e dois terminadores.

Foi introduzido uma fonte de alimentação na rede para permitir a alimentação de sensores remotamente de forma a simplificar a instalação. Desta forma é possível instalar sensores em posições mais remotas em que a alimentação seja fácil de fazer chegar.

Dado que estamos a usar uma rede baseada em CAN a montagem prevê a instalação física na rede dois terminadores de 120Ω .

Dado que uma rede CANopen só permite a existência de um único dispositivo master na rede, só é possível ter um dispositivo gateway que permita a ligação com a rede backbone.

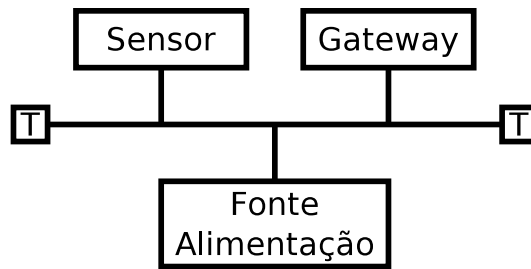


Figura 4.10: Diagrama da rede local usando o protocolo CANOpen.

4.2.1 Alimentação

Para fornecer alimentação aos dispositivos de rede optou-se por utilizar um quarto fio condutor.

Dado que a rede pode possuir dimensões de centenas de metros, a resistência dos fios condutores pode tomar dimensões consideráveis podendo dissipar uma parte considerável da energia além de também poder provocar uma queda de tensão considerável podendo fazer com que a tensão de alimentação fique abaixo do mínimo necessário para o funcionamento dos dispositivos.

A dissipação da energia nos fios condutores é dado por $P = R * I^2$ e a queda de tensão é dada por $V = R * I$. Como se pode observar, podemos reduzir estes problemas reduzindo a corrente que percorre o barramento. Para tal é utilizado nos dispositivos da rede conversores DC-DC para reduzir a corrente no barramento à custa do aumento da tensão de alimentação no barramento. A utilização de conversores DC-DC também permite uma boa adaptação da tensão de alimentação da rede a uma tensão de alimentação mais apropriada a ser utilizada pelo dispositivo com uma boa eficiência de conversão.

Uma possível escolha para a tensão de alimentação é 24V ou 48V dado que são valores habitualmente usados em sistemas alimentados por baterias de chumbo. Optou-se por utilizar 24V neste trabalho dado que a fonte de alimentação de laboratório suportava esta tensão e que o conversor DC-DC usado tinha como limite da tensão de alimentação de 28V.

4.2.2 Isolamento Eléctrico

Os cabos estão sujeitos a várias fontes de ruído electromagnético. Este ruído pode causar danos no transdutor e ao resto do circuito se o ruído for de duração e magnitude suficiente. Este ruído pode ser originado a partir da existência de loops de massa, descargas eléctricas durante a instalação e manutenção dos cabos do barramento e por indução magnética a partir de outro cabo na proximidade. Estes problemas são tanto maiores quanto maior for o comprimento do barramento.

A utilização de isolamento entre os dispositivos e o barramento permite proteger os dispositivos contra tensões altas ou correntes de pico ou loops de terra. Assim pode-se evitar esta corrente que pode introduzir ruído, degradar o funcionamento da rede ou até mesmo destruir o dispositivo.

Desta forma optou-se por construir um módulo que implementa um transdutor CAN com isolamento óptico.

Capítulo 5

Sensores

5.1 Introdução

Foi implementado uma placa de sensores genérica composta por quatro tipos de sensores e/ou actuadores para permitir a implementação prática de um simples sistema de iluminação. Assim desta forma é possível testar experimentalmente o funcionamento da rede. Na figura 5.1 podemos observar que a placa de sensores encontra-se directamente ligada a rede local.

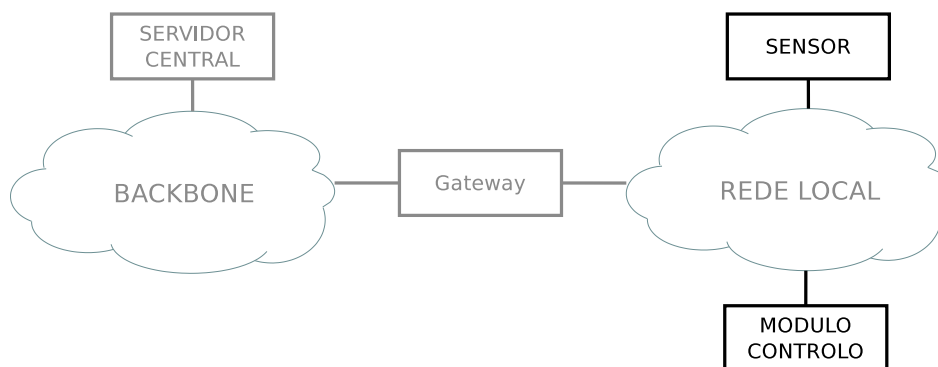


Figura 5.1: Localização da placa de sensores no diagrama da rede de domótica.

Na figura 5.2 está representado um diagrama das ligações entre os módulos usados para implementar a placa de sensores. No centro do diagrama temos o micro controlador que funciona como unidade de processamento. O acesso ao barramento CAN é feito através de um módulo que implementa um transdutor CAN isolado opticamente. Neste mesmo módulo está presente um conversor DC-DC para converter de forma eficiente a tensão de alimentação do barramento numa mais apropriada para ser usada pelo micro controlador. Os módulos *Entrada Digital* e *Sensor de Movimento* estão ligados ao micro controlador através de entradas digitais deste enquanto que os módulos *Sensor de Luminosidade* e o *Regulador de Luminosidade* estão ligados ao micro controlador através de entradas analógicas.

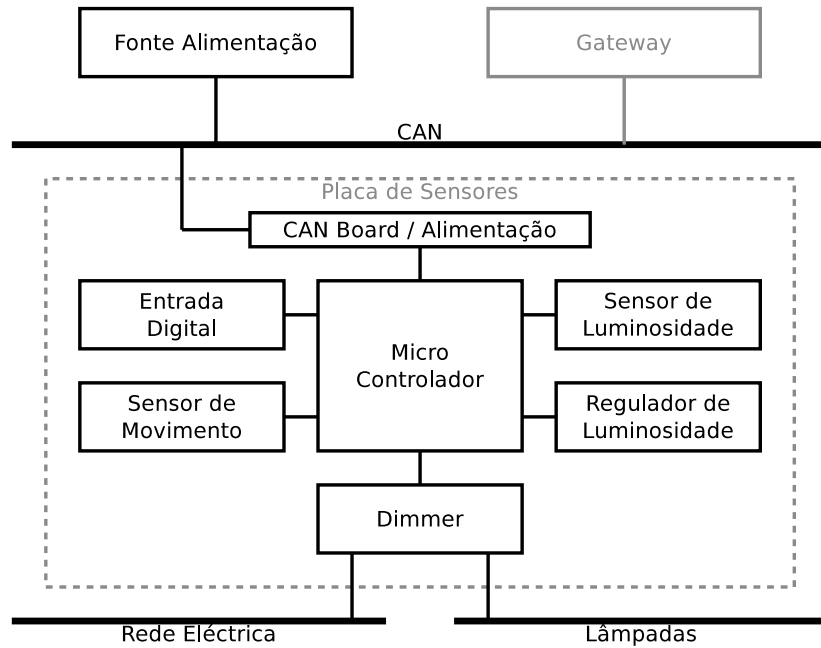


Figura 5.2: Diagrama de blocos das ligações entre os módulos da placa de sensores implementada.

5.2 Hardware

Na figura 5.4 está representado o diagrama global do sensor implementado. Estão representados neste esquema a ligação entre os blocos mais elementares e electrónica necessária para implementar a respectiva ligação entre eles. Blocos tais como o *Dimmer*, o *CAN Board* e o *LPC-H2129* so têm representado neste esquema a sua ligação com a placa global do sensor.

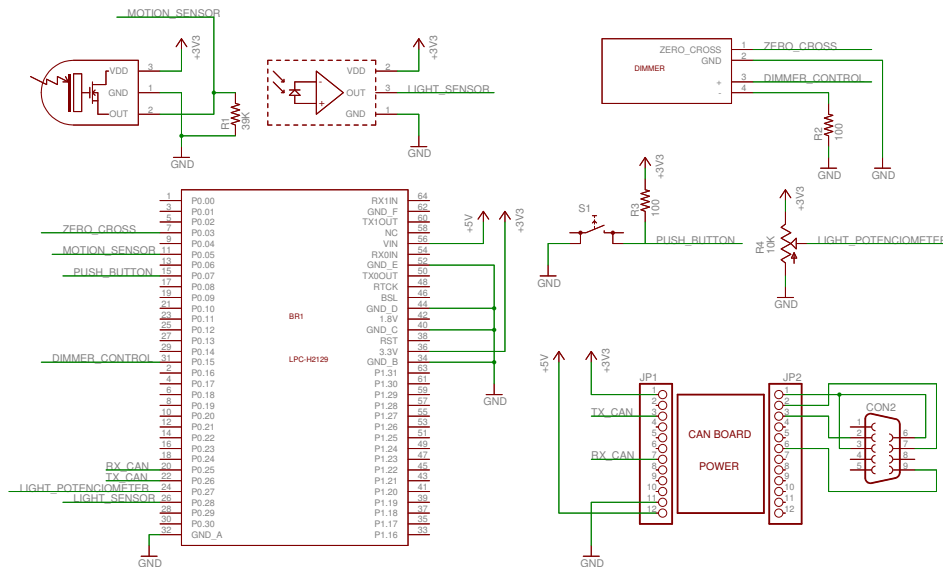


Figura 5.3: Esquema eléctrico da placa de sensores.

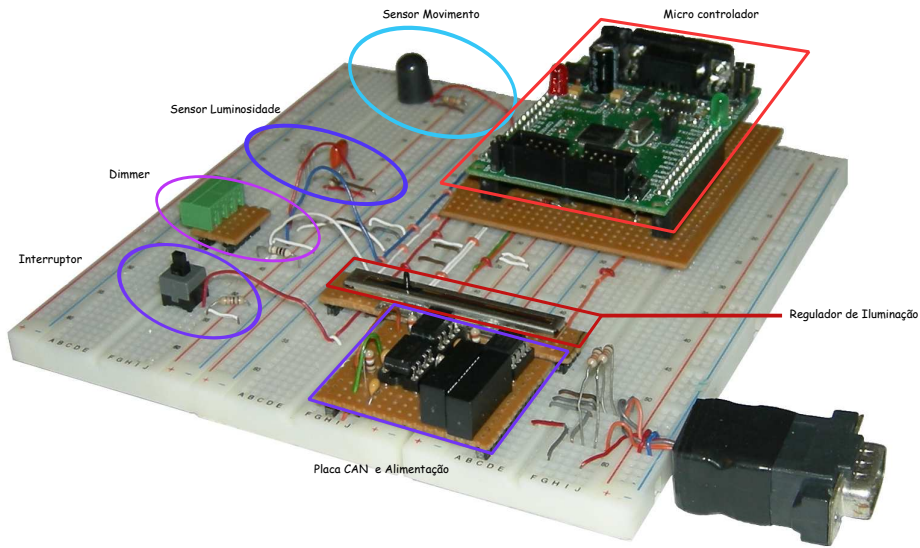


Figura 5.4: Fotografia da placa de sensores.

5.2.1 Sensor Movimento

Optou-se por utilizar o sensor *AMN31111* para sensor de movimento. Ele detecta movimento através da detecção da variação de temperatura quando um objecto mais quente, por exemplo, uma pessoa passa à frente da do sensor fazendo alterar o valor da temperatura captada. A temperatura é captada através da radiação infra vermelha emitida pelos corpos e medida por um elemento PIR.

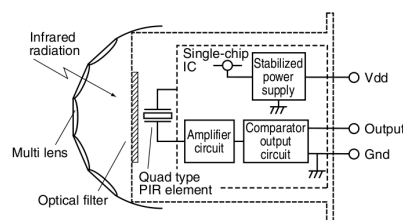


Figura 5.5: Diagrama interno do sensor de movimento AMN31111 [2].

O sensor é composto por múltiplas lentes criando assim zonas de detecção. O sinal luminoso é filtrado depois por um filtro óptico para remover toda a radiação excepto a infravermelha que de depois incide num elemento PIR. O sinal eléctrico depois de amplificado passa por um comparador para gerar um sinal digital de forma a poder ser ligado a um micro controlador.

Dado que o sinal digital da saída do sensor só consegue fornecer $100\mu A$ tendo uma tensão de saída $V_{DD} - 0.5V$ quando detecta movimento (figura 5.6), foi necessário ligar uma resistência de pelo menos $28K\Omega$ entre a saída digital e tensão de referência para poder ligar

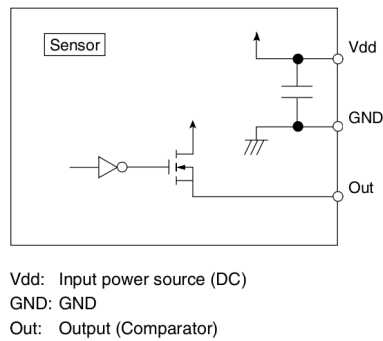


Figura 5.6: Modelo da saída digital do sensor de movimento AMN31111 [2].

directamente o sensor a entrada digital do micro controlador, tal como se pode observar na figura 5.4.

5.2.2 Sensor de Luminosidade

Optou-se por utilizar o sensor *TSL261R* para sensor de luminosidade. O sensor é composto por um fotodiodo e um amplificador de transimpedância contidos num único integrado. Também possui uma lente integrada e um filtro para deixar passar apenas a componente visível do espectro. A tensão de saída desta forma é proporcional a intensidade luminosa no fotodiodo. Peço facto deste sensor ter os elementos todos integrados no mesmo dispositivo permite uma maior imunidade a ruído e uma maior eficiência energética.

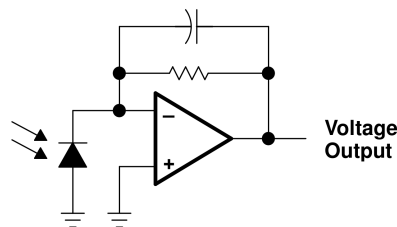


Figura 5.7: Diagrama de blocos do funcionamento do sensor *TSL261R*.

5.2.3 Dimmer

Este módulo permite fazer o controlo da intensidade de iluminação usando lâmpadas incandescentes. Para controlar a intensidade da iluminação controla-se o ângulo da fase de condução e como tal a potência entregue a lâmpada. O controlo de fase é realizado atrasando a activação do triac relativamente a passagem por zero da tensão de rede eléctrica.

O esquema é composto por dois blocos

- um actuador que permite ligar ou desligar a carga da rede.
- um detector de passagem por zero.

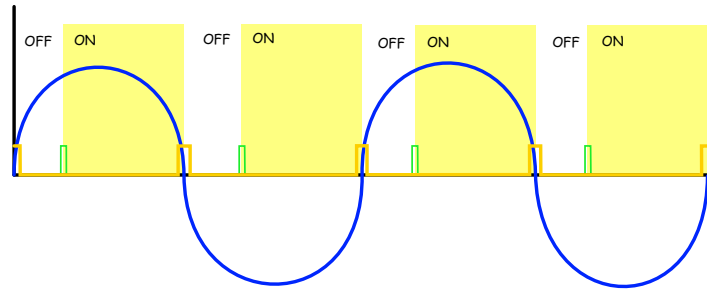


Figura 5.8: Diagrama temporal do funcionamento de um Dimmer.

O bloco actuador é composto por um triac isolado implementado pelo MOC3020V que serve para actuar o triac BT139. O BT139 é o componente que efectivamente faz a comutação da lâmpada. O circuito composto pelos componentes R1 e C1 serve para compensar a componente indutiva das lâmpadas incandescentes.

O bloco que detecta a passagem por zero serve para criar uma série de pulsos quadrados centrados nas passagens por zero da rede eléctrica. É utilizado um transformador para obter isolamento eléctrico e obter uma cópia do sinal da rede. Este sinal é depois rectificado pelos díodos D1 e D2. Desta forma as arcadas negativas da rede são invertidas, ficando com um sinal semi-sinusoidal positivo de 100Hz.

De forma a gerar um sinal compatível com o micro controlador, é usado um simples circuito de rectificação composto pelos elementos D3 e C2 de forma a obter uma tensão pouco regulada de forma a se poder usar um regulador de 5V. Esta regulação é necessária para obter uma tensão compatível com o micro controlador.

O sinal de passagem por zero é obtido usando um N-MOS VN2222 que nesta montagem funciona como um comparador. Basicamente quando o sinal da rede rectificado atinge o valor de comutação do mosfet o sinal de saída é 0V. Quando o sinal está perto da passagem por zero, o mosfet deixa de conduzir corrente sendo que o sinal de saída comuta para 5V. Dado que o sinal da rede é simétrico, o sinal de saída deverá ser simétrico em relação à passagem por zero.

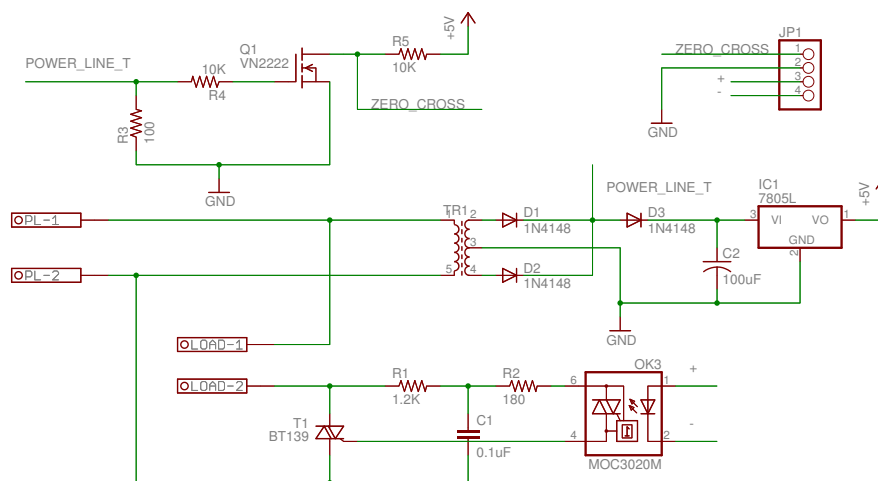


Figura 5.9: Diagrama de blocos do funcionamento do Dimmer.

5.3 Pilha Protocolar CANOpen

A biblioteca MicroCANOpen é uma implementação de baixo custo do protocolo CANOpen. Dada as suas baixas necessidades de recursos é adequada para ser utilizada em micro controladores com poucos recursos como, por exemplo, de 8 bits. Foi escrito usando código C padrão, permitindo assim a sua utilização em múltiplos micro controladores desde que possuam um compilador de C. A única componente em que é necessário adaptar é a camada de baixo nível que faz a interface com a módulo CAN e a manutenção de um sinal de temporização.

Esta pilha protocolar não implementa todas as funcionalidades previstas pelo protocolo, só um conjunto mínimo necessário para implementar um nodo pré-configurado que não necessite de ser reconfigurado durante a execução. Informações tais como a velocidade de comunicação, o id do nodo e os parâmetros PDO são conhecidos a partida e são implementados no programa. Esta pilha possui os seguintes módulos:

- NMT Slave;
- Heartbeat;
- Dicionários de objectos (OD) com entradas até quatro bytes;
- Expedited SDO;
- TPDO periódicos e/ou esporádicos com tempo de inibição;
- RPDO;

5.4 Firmware

Esta secção descreve o funcionamento do software implementado a funcionar no dispositivo e o modelo deste na rede CANOpen.

5.4.1 Funcionamento Global

O dispositivo possui essencialmente dois estados, *Arranque* e *Funcionamento*, tal como se pode observar na figura 5.10.

O estado *Arranque* é composto pelos estados NMT CANOpen *Reset Application* e *Reset Communication*. Durante o sub estado *Reset Application* é feita inicialização interna do dispositivo e durante o sub estado *Reset Communication* é feita a inicialização do módulo CAN e da pilha protocolar CANOpen. Depois da configuração ter sido realizada o dispositivo passa automaticamente para o estado *Funcionamento*.

O estado *Funcionamento* contém os estados NMT CANOpen *Pre-Operational*, *Operational* e *Stopped*. Ou seja, independentemente do estado de funcionamento do lado da rede CANOpen, o dispositivo continua em funcionamento.

Neste estado temos duas “tarefas” em funcionamento. Uma das tarefas é uma tarefa periódica obtida através da geração de uma interrupção usando o *timer 0* do micro controlador. Esta tarefa tem a periodicidade de *1ms* dado que a pilha protocolar requer um sinal temporal com esta unidade base e também porque na rede CANOpen os intervalos de tempos têm *1ms* como unidade base. A outra “tarefa” é dada pela função *main* e têm como única função adormecer o processador até a próxima interrupção, poupando desta forma energia.

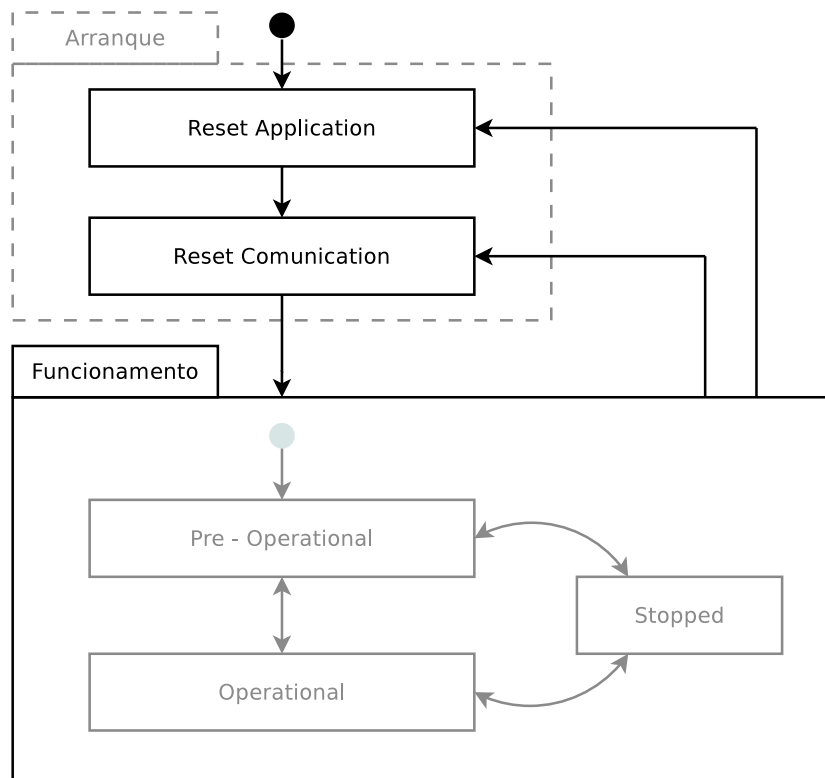


Figura 5.10: Máquina de estados do sensor visto da rede CANOpen.

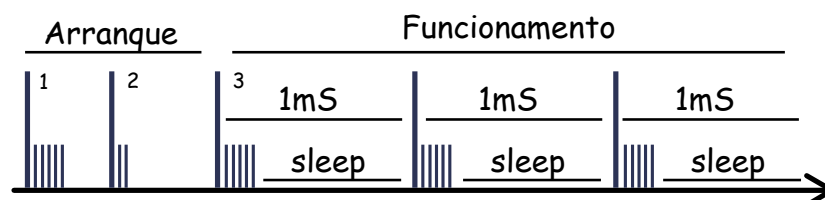


Figura 5.11: Diagrama de blocos do funcionamento do Dimmer.

5.4.2 Sensor de Movimento

O *Sensor de Movimento* implementa uma máquina de estados de forma a estender a duração do sinal de detecção de movimento. Isto é feito dado que este sinal pode ter pouca duração e para permitir a ligação directa a outros objectos tais como o *Dimmer*.

Na figura 5.12 podemos observar a máquina de estados deste sensor. Durante a execução da “tarefa” periódica, o estado do pino associado é verificado se está no estado, *Low* ou *High*. Caso o pino esteja *High* este sensor passa para o estado *Active* e o valor da variável *Remaining* é inicializada com o valor da variável *Duration* que representa a duração do sinal pretendido. Caso o pino esteja *Low* o sensor passa para o estado *Inactive* decrementando a variável *Remaining* por cada segundo até atingir o valor 0. Assim que esta variável atingir este valor, a variável *State* muda para o valor *OFF* representando assim o fim do pulso.

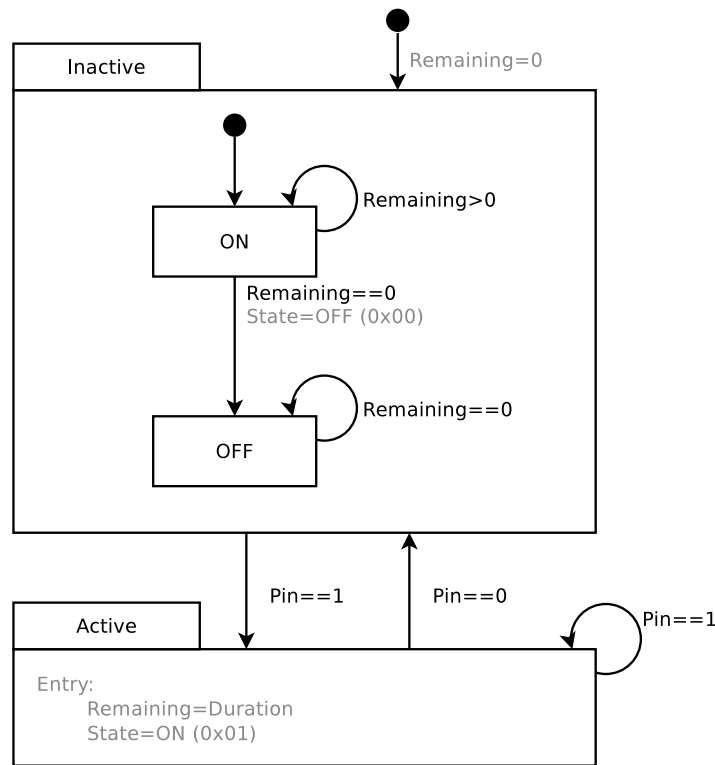


Figura 5.12: Máquina de estados do sensor de movimento.

5.4.3 Entrada Digital

A *Entrada Digital* representa o estado lógico de um pino do micro controlador. Este estado lógico pode ser opcionalmente invertido consoante o valor da variável *Polarity*. Caso esta variável tenha o valor “0”, o valor deste sensor é igual ao estado lógico do pino. Caso esta variável tenha o valor “1”, o valor deste sensor é o inverso do estado lógico do pino em causa.

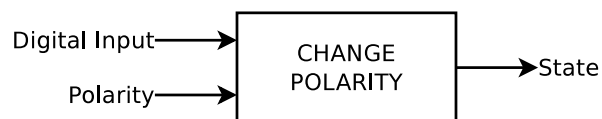


Figura 5.13: Diagrama de blocos da *Entrada Digital*.

5.5 Medições Experimentais

5.5.1 Consumo Energético

Foi medido o consumo energético de cada componente do sistema que consome energia do barramento de comunicação. No caso do *Dimmer*, parte da energia é fornecida directamente pela rede eléctrica e não pelo o barramento de comunicação sendo só contabilizado esta ultima componente.

A medição foi realizada utilizando dois multímetros, um para medir a tensão de entrada e o outro para medir a corrente de entrada da componente em causa.

Medição	Tensão	Corrente	Potência
Sensor Movimento	3.28V	0.170mA	0.558mW
Sensor Luminosidade	3.28V	1.570mA	5.150mW
Dimmer	3.36V	0.183mA	0.615mW
Interruptor	3.28V	3.250mA	10.60mW
Regulador de Luminosidade	3.28V	0.330mA	1.080mW
Micro controlador	5.02V	56.50mA	264.0mW

Tabela 5.1: Consumo energético de cada componente do sensor.

5.5.2 Módulo CAN

Devido á adição de isolamento óptico entre o transdutor e o micro controlador foi necessário caracterizar o conjunto do ponto de vista dos tempos de propagação. Para realizar-se estas medições programou-se o micro controlador para que enviasse periodicamente uma mensagem de forma a ser possível medir os tempos de propagação num osciloscópio.

Na figura 5.14a temos o sinal de transmissão vindo o micro controlador a azul e a laranja temos a diferença de tensão entre *CAN-H* e *CAN-L*. A linha laranja horizontal representa a tensão em que o sinal a laranja atinge os 50% do seu valor final.

Na figura 5.14b temos o sinal da diferença de tensão entre *CAN-H* e *CAN-L* a azul e a laranja temos o sinal de recepção para o micro controlador. A linha laranja horizontal representa a tensão em que o sinal a laranja atinge os 50% do seu valor final.

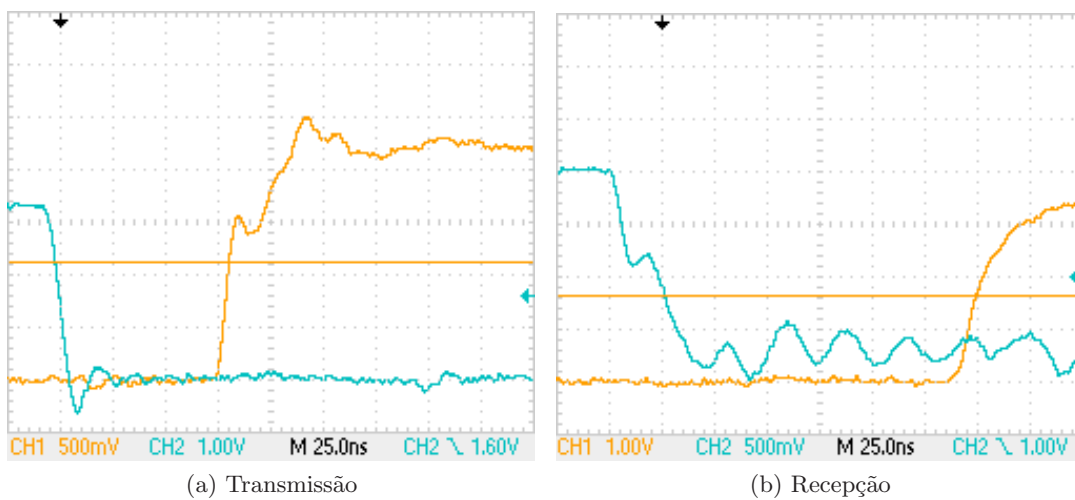


Figura 5.14: Tempos de propagação da placa CAN.

Direcção	Tempos de Propagação
Micro Controlador – > Barramento	78ns
Barramento – > Micro Controlador	150ns

Tabela 5.2: Tempos de propagação da placa CAN.

5.5.3 Dimmer

Para averiguar a qualidade de funcionamento do *Dimmer* caracterizou-se a detecção da passagem por zero e os níveis máximo e mínimos da intensidade de iluminação.

Para caracterizar o sistema de detecção da passagem por zero mediu-se o tamanho do pulso gerado e o *offset* do meio do pulso com a passagem por zero utilizando um osciloscópio. Observando a figura 5.15b verifica-se que o pulso têm uma duração de 580 μ s e um *offset* positivo de 20 μ s.

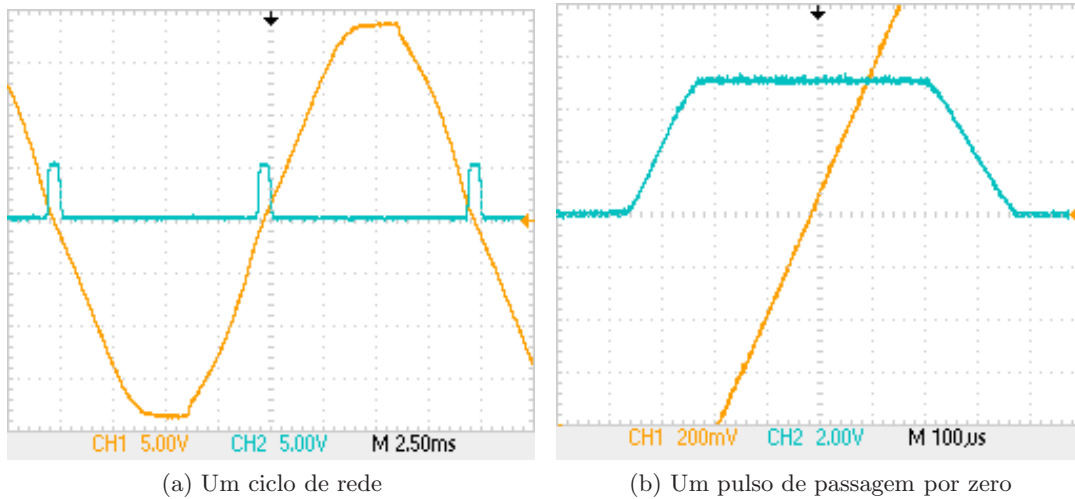


Figura 5.15: Largura do pulso do detector de passagem por zero.

Capítulo 6

Gateway CANopen-Ethernet

6.1 Introdução

O *Gateway* CANopen-Ethernet serve para traduzir o protocolo de comunicação CANopen utilizado na rede local no da rede *Backbone*. Ele funciona realizando a conversão entre os dois protocolos a nível da camada de aplicação no modelo OSI.

Dado que o protocolo CANopen só permite ter simultaneamente um nodo *master* na rede, só é possível ter um dispositivo *gateway* CANopen-Ethernet a ligar a rede local e a rede *Backbone*. Este *gateway* difere dos *gateways* utilizados em rede CAN dado que operam em camadas OSI diferentes.

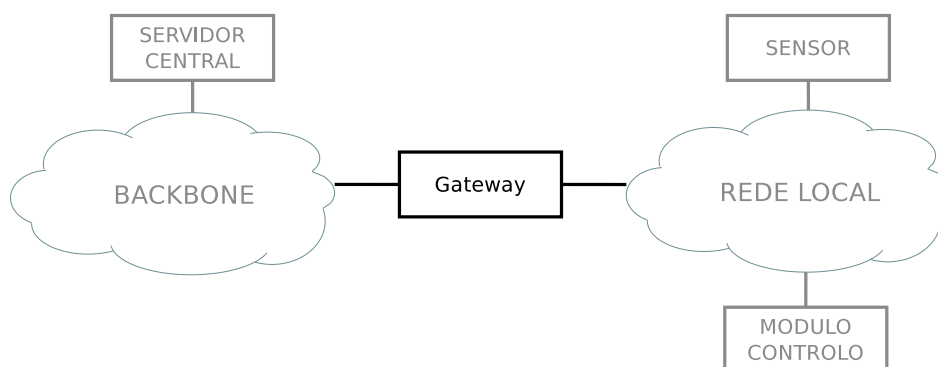


Figura 6.1: Localização do *gateway* no diagrama da rede de domótica.

6.2 Diagrama de Funcionamento

6.2.1 Hardware

Na figura 6.2 está representado um diagrama das ligações entre os módulos usados para implementar o *gateway*. No centro do diagrama temos o *AP* que funciona como unidade de processamento. Através de utilização de um conversor USB-CAN obtém-se acesso ao barramento CAN. A alimentação do *AP* é obtida da rede Ethernet através de um protocolo similar a PoE suportado pelo próprio *AP*. Na figura 6.2 podemos observar o diagrama de ligação entre os vários componentes relacionados com o *gateway*.

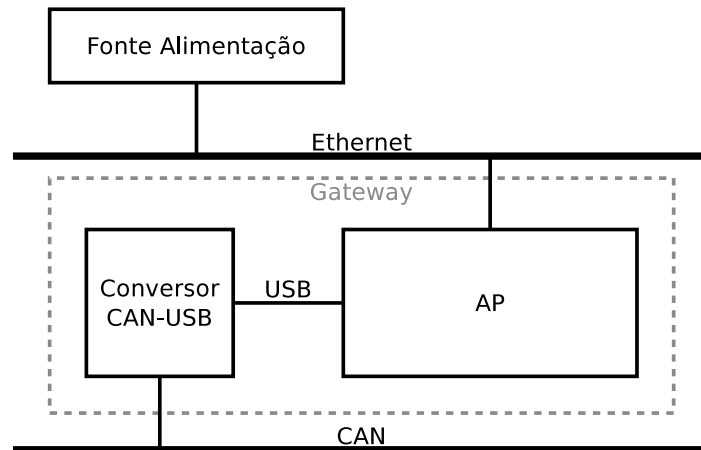


Figura 6.2: Diagrama de blocos das ligações entre os módulos do gateway implementado.

6.2.2 Software

O software implementado é composto por três camadas: a comunicação com o barramento CAN, a lista de objectos e a interface gráfica. A relação entre estas camadas do ser vista na figura 6.3.

A camada “Comunicação com o barramento” implementa o acesso ao barramento utilizando o protocolo CANopen e o mapeamento entre os dispositivos existentes no barramento e os respectivos objectos na lista de objectos. Quando uma nova informação é recebida de um dispositivo no barramento, os objectos relacionados com os novos valores e a camada “Lista de objectos” é notificada desta alteração. Esta camada também têm a responsabilidade de enviar os novos valores da saída dos objectos para dos dispositivos no barramento correspondentes.

A camada “Lista de objectos” implementa o mecanismo base de funcionamento dos objectos e da ligação entre eles.

A camada “Interface Gráfica” implementa uma simples representação dos objectos no gateway, as ligações entre si e os respectivos valores de saída de cada um dos objectos.

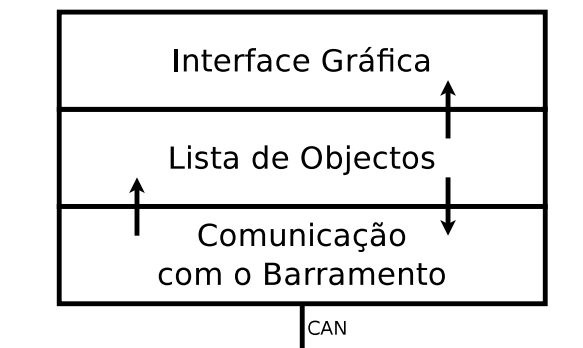


Figura 6.3: Diagrama de interligação entre as camadas do software no *gateway*.

Objectos

Cada sensor existente no barramento é representado por um objecto no *gateway* numa lista de objectos. Um objecto é essencialmente uma estrutura com entradas, saídas, memória e uma função. As definições das entradas e saídas serve para ajudar a definir de forma simples as ligações entre os vários objectos. O campo “função” do objecto é o código correspondente que calcula as saídas e o próximo estado da memória em função da entrada. Na figura 6.4 pode-se observar uma representação de um objecto.

Nem todos os objectos requerem todos os campos. Por exemplo um objecto que representa um sensor de luminosidade só possui o campo “saídas” dado têm como função representar um sensor remoto no *gateway*. Outro exemplo é um controlador de luminosidade que utiliza um sensor de luminosidade e um dimmer. Neste caso este objecto possui os quatro tipos de campos: uma entrada para receber a informação do sensor de luminosidade, uma saída para actuar num dimmer e uma “função” para calcular sucessivamente os valores de saída. O objecto também pode possuir memória para poder controlar a velocidade com que se muda de intensidade luminosa.

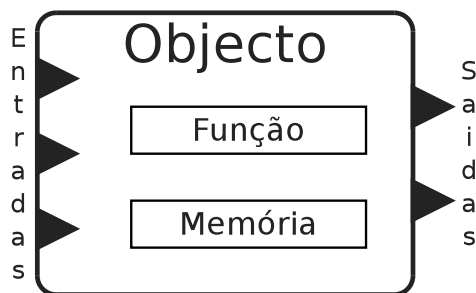


Figura 6.4: Representação de um objecto no *gateway*.

Serviço de Iluminação

Implementou-se um simples sistema de iluminação composto por quatro sensores, um actuador e quatro objectos. Na figura 6.5 podemos observar o diagrama de funcionamento deste serviço. O diagrama é composto por dois grandes blocos: um bloco que realizar o controlo de iluminação propriamente dito e um bloco que comuta a selecção entre um valor de saída pré definido e entre o bloco anterior.

O bloco de selecção é composto pelos objectos interruptor, sensor de movimento, operador lógico “OU” e um multiplexer. Este bloco comporta-se essencialmente como um multiplexer. Consoante o interruptor está num estado activo ou o sensor de movimento, a saída do serviço é ligada ao objecto que implementa o controlo de iluminação. Caso ambos objectos estejam num estado inactivo a saída é ligada a um valor pré definido, o que neste caso têm o valor 0.

O bloco de controlo é composto pelos objectos sensor de luminosidade, controlo e pelo potenciômetro. Este bloco é essencialmente uma malha fechada realizando assim o controlo da intensidade de iluminação. O ponto de referência é dado pelo objecto potenciômetro. Este valor é comparado com o valor do objecto sensor de iluminação sendo que a diferença utilizada pelo objecto controlador para efectivamente calcular o valor a ser aplicado na controlador de iluminação.

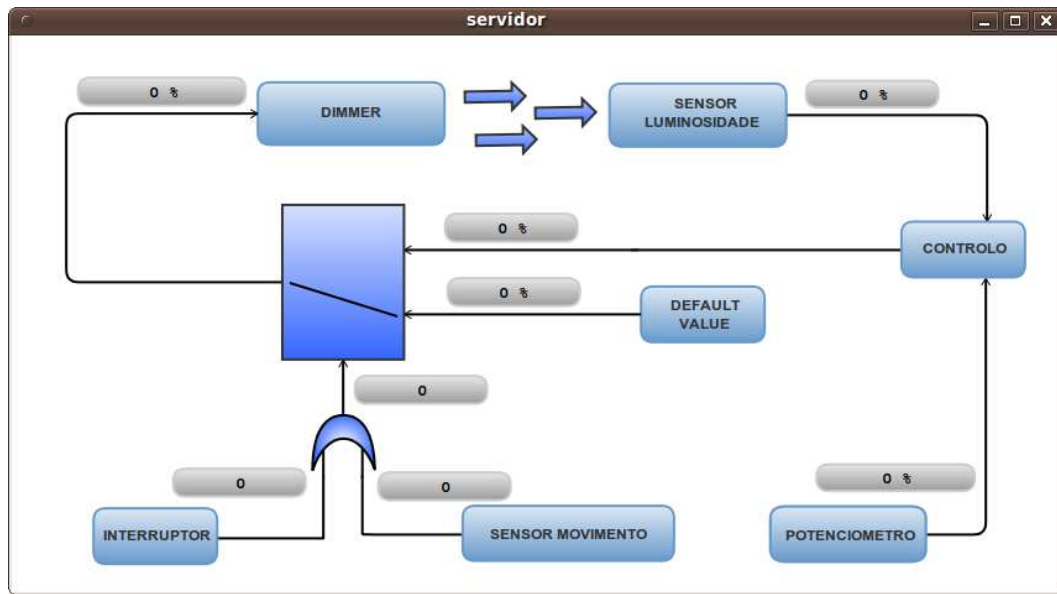


Figura 6.5: Captura de ecrã da interface gráfica do gateway implementado.

6.3 AP

A placa ALIX3D3 é baseada no processador da AMD Geode LX800 a funcionar a 500 Mhz. Este processador utiliza o conjunto de instruções x86 fazendo que se possa utilizar o mesmo compilador que utilizado nos computador pessoais. Possui integrado na própria motherboard a memória RAM (256 MB DRAM), um controlador VGA, um controlador de áudio, um controlador USB e um controlador Ethernet. Utiliza um cartão *CompactFlash* como disco rígido. A placa também possui 2 conectores *miniPCI* para permitir expandir a placa, como por exemplo, incluir uma placa wireless ou um conversor CAN-miniPCI.

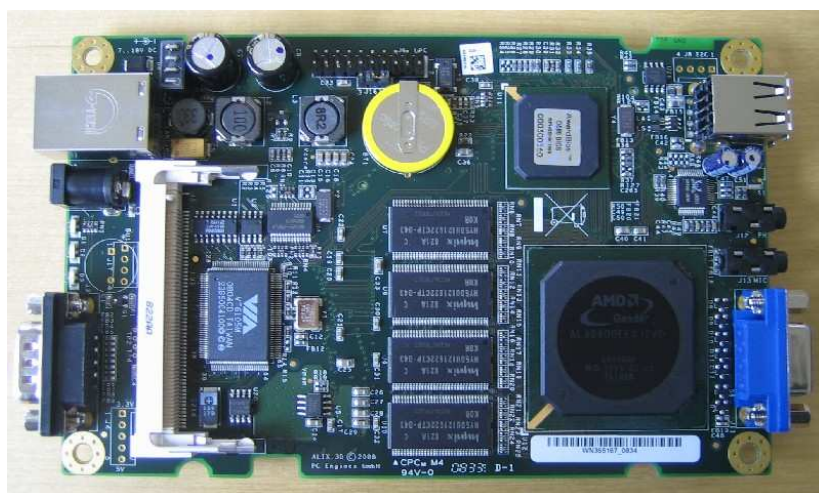


Figura 6.6: Fotografia da placa ALIX3D3 [3].

6.4 Controlador CAN

Neste trabalho utilizou-se um conversor USB-CAN produzido pela *PEAK-System*. Este conversor é baseado no controlador *SJA1000* da NXP e no transdutor *PCA82C251* da NXP. Suporta velocidades de comunicação até 1 Mbits/s e obedece as versões CAN 2.0A e 2.0B.

No site do fabricante é disponibilizada uma biblioteca que permite utilizar o conversor USB-CAN utilizado tal como os outros conversores produzidos por esta empresa utilizando a mesma API. Esta biblioteca funciona em ambientes Windows e Linux. A versão para Linux ainda inclui um módulo para o *kernel* de forma a possibilitar a sua utilização via socketCAN.

Também é disponibilizado no site do fabricante uma aplicação de monitorização do barramento que permite a visualização de mensagens CAN utilizando conjuntamente com os adaptadores CAN. O programa suporta a transmissão e recepção simultânea das mensagens suportando a especificação CAN 2.0A e 2.0B a velocidade máxima de 1 Mbits/s. As mensagens podem ser transmitidas manualmente e periodicamente.

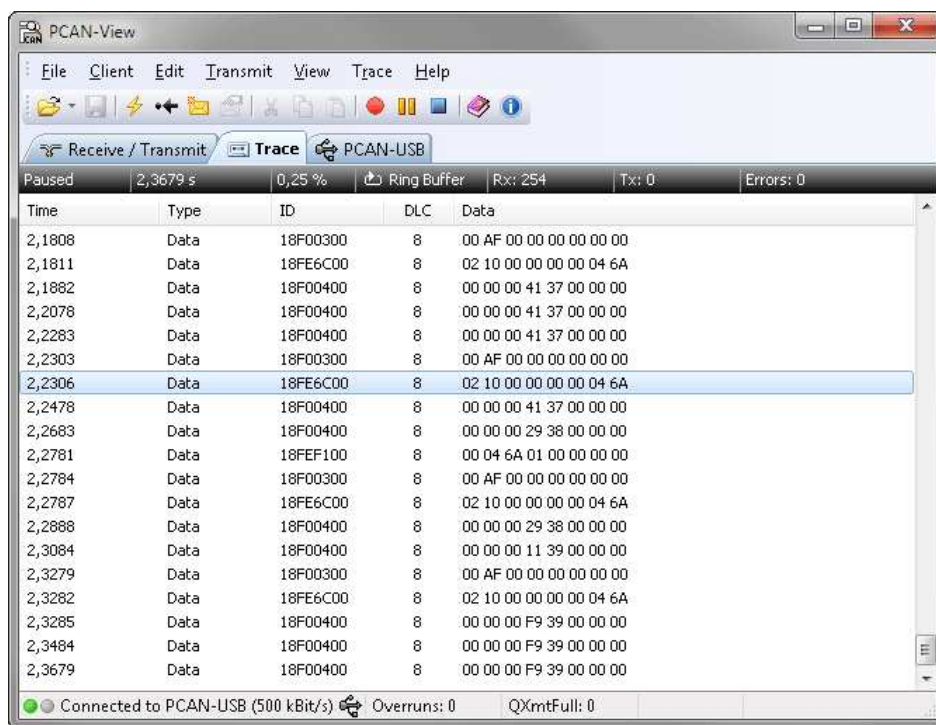


Figura 6.7: Conversor CAN-USB da *Peak-System* [4].

6.5 socketCAN

O SocketCAN é um conjunto de *drivers* CAN de código aberto e uma pilha protocolar contribuído pela Volkswagen Research para o kernel do Linux. Estas contribuições estão presentes no kernel Linux desde a versão 2.6.25 e desde então têm sido acrescentados cada vez mais *drivers* para suportar múltiplos controladores.

Normalmente os *drivers* CAN são baseados no modelo de dispositivos de caractere. Tipicamente apenas permitem o envio e a recepção de mensagens do controlador CAN. Uma

implementação convencional para esta classe de dispositivos apenas permite um único processo por dispositivo, o que significa que todos os outros processos são bloqueados.

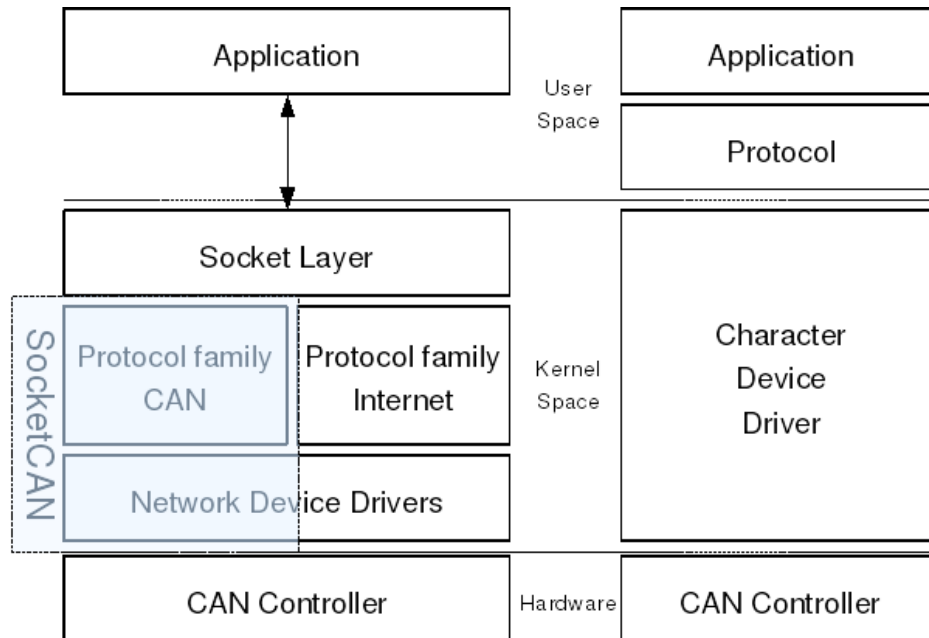


Figura 6.8: Diagrama das camadas socketCAN e integração com outras camadas no kernel [5].

O SocketCAN, por outro lado, usa um modelo de dispositivo de rede, o que possibilita o acesso simultâneo de múltiplas aplicações a um dispositivo CAN. De igual forma, uma única aplicação é capaz de aceder a múltiplas redes CAN em paralelo. Este conceito estende a API de *sockets* em Linux com a introdução de uma nova família protocolar PF_CAN que coexiste com outras famílias de protocolos como a PF_INET para o IP.

6.6 CanFestival

O CanFestival é uma biblioteca quem tem como objectivo implementar uma pilha protocolar multi plataforma do protocolo CANopen que permite implementar nodos *master* e *slave*. A biblioteca é escrita em ANSI-C e é licenciada como GLPv2 e LGPLv2. Suporta actualmente Windows, Linux, Xenomai, Linux-RTAI e micro controladores AVR. Dependendo do sistema em que esteja a ser usada, diversos controladores CAN podem ser utilizados, como por exemplo, socketCAN em Linux.

Juntamente com a pilha protocolar o projecto inclui um editor gráfico que permite editar o dicionário de objectos de um dispositivo e definir o mapa entre as entradas dos objectos no dicionário e os símbolos a serem usados no código do programa.

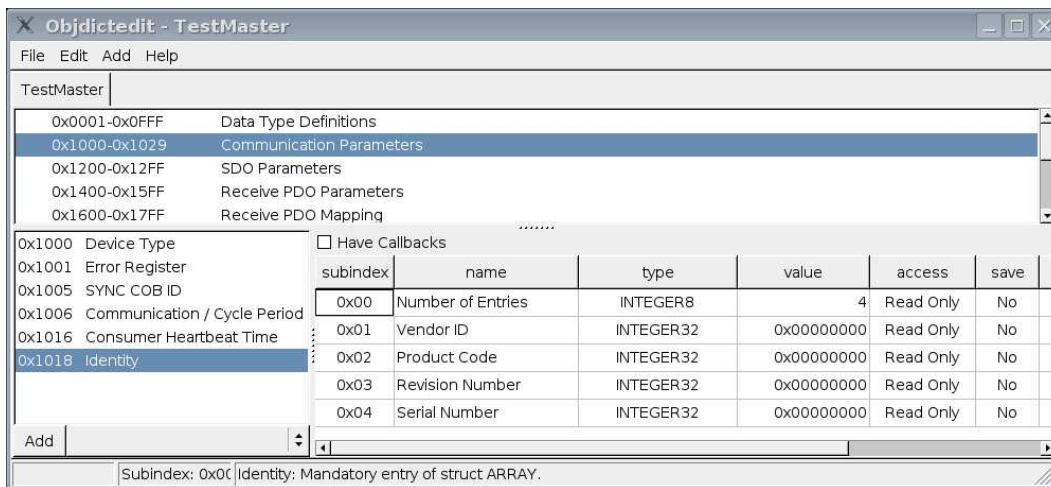


Figura 6.9: Captura de ecrã do editor gráfico de dicionários de objectos [14].

Implementation overview

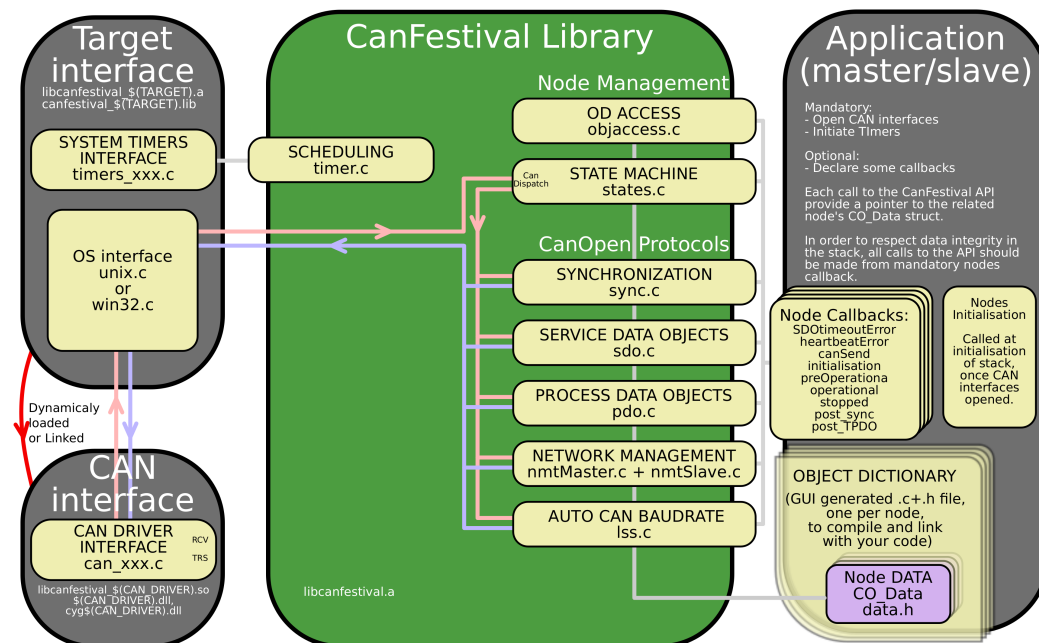


Figura 6.10: Diagrama da implementação da biblioteca CanFestival [14].

Capítulo 7

Conclusões e Trabalho Futuro

Este capítulo finaliza este documento e nele se expõem as principais conclusões a retirar do trabalho efectuado. Após a apresentação das conclusões passam a enunciar-se as propostas de trabalho futuro.

7.1 Conclusões

Tinha-se como objectivo nesta dissertação a implementação de um rede de domótica baseada em Ethernet e CANopen. O trabalho permitiu verificar a possibilidade de utilizar uma rede CAN/CANopen para ser utilizando como barramento de campo para ligar os sensores a uma rede central.

Foi implementado uma placa de sensores genérica que permitiu aceder a informação de cada um dos sensores, permitindo assim implementar um simples serviço de iluminação.

7.2 Trabalho Futuro

No seguimento do trabalho efectuado propõem-se os seguintes desenvolvimentos:

- Integração desta rede de forma a que seja usada por sistemas de domótica opensource actuais, tais como o LinuxCME. O LinuxMCE é um solução integrada que combina multimédia, automação residencial e comunicação via VoIP. Um trabalho futuro seria integrar a rede CANopen no sistema de automação residencial de forma a poder utilizar os dispositivos desta rede no LinuxMCE.
- Realizar o porte do canFestival para o micro controlador utilizado. O projecto canFestival actualmente possui um porte realizado para micro controladores AVR. Seria interessante fazer-lo dado que permitiria substituir a biblioteca MicroCANopen permitindo assim a utilização de mais serviços CANopen tal como atribuição automática do Id do dispositivo.

Apêndice A

Camada física em redes CAN

A.1 Tempos de Bit recomendados

Velocidade	Tempo de Bit	Máximo comprimento
1 Mb/s	1 μs	25 m
800 Kb/s	1.25 μs	50 m
500 Kb/s	2 μs	100 m
250 Kb/s	4 μs	250 m
125 Kb/s	8 μs	500 m
50 Kb/s	20 μs	1 km
25 Kb/s	50 μs	2.5 km
10 Kb/s	100 μs	5 km

Tabela A.1: Tempos de Bit recomendados em redes CAN.

Para efeitos de arbitragem do barramento, sinalização e confirmação das mensagens, o protocolo exige que os nós possam mudar o estado de um bit recessivo para dominante e que todos os outros nós recebam essa informação antes do tempo do bit terminar. Isto significa que o tempo do bit ser o suficientemente para acomodar a propagação do sinal a partir de qualquer remetente para um receptor e acomodar a propagação de volta para o remetente.

Assim desta forma o tempo do bit inclui o atraso de propagação no barramento assim como os atrasos de propagação causados pelo nó transmissor e receptor. Em termos práticos basta contabilizar o tempo de propagação do caminho entre os dois nós mais afastados na rede.

Apêndice B

Esquemas Eléctricos

B.1 Sensor

B.1.1 Diagrama Global

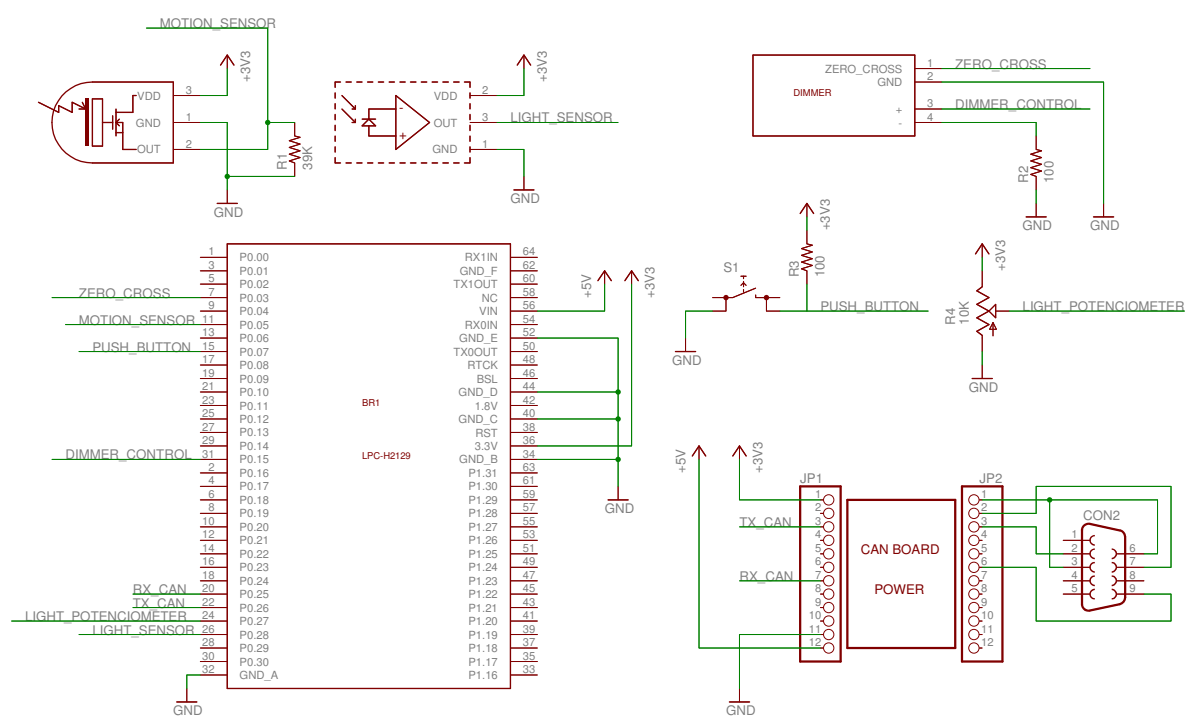


Figura B.1: Esquema eléctrico do sensor - esquema global.

B.1.2 Dimmer

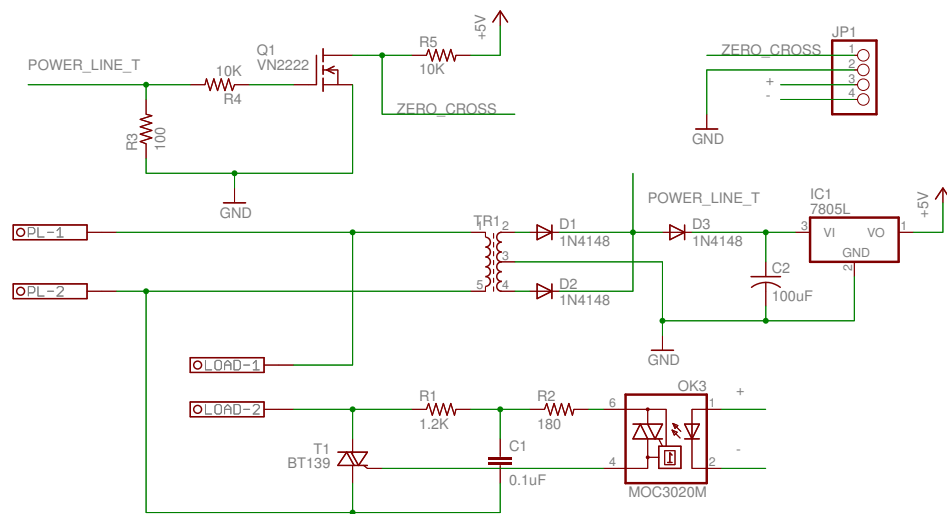


Figura B.2: Esquema eléctrico do sensor - dimmer.

B.1.3 Placa CAN

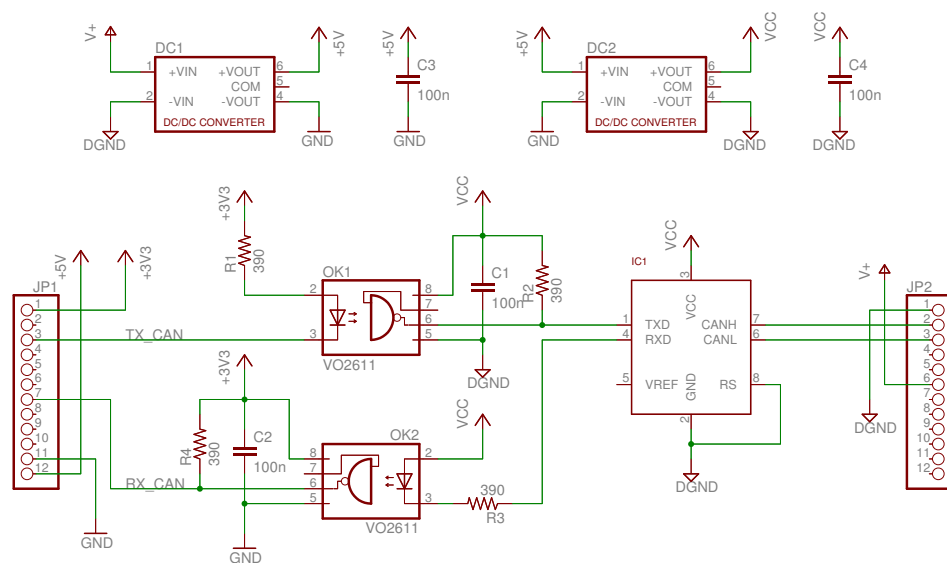


Figura B.3: Esquema eléctrico do sensor - placa CAN.

B.1.4 Micro controlador

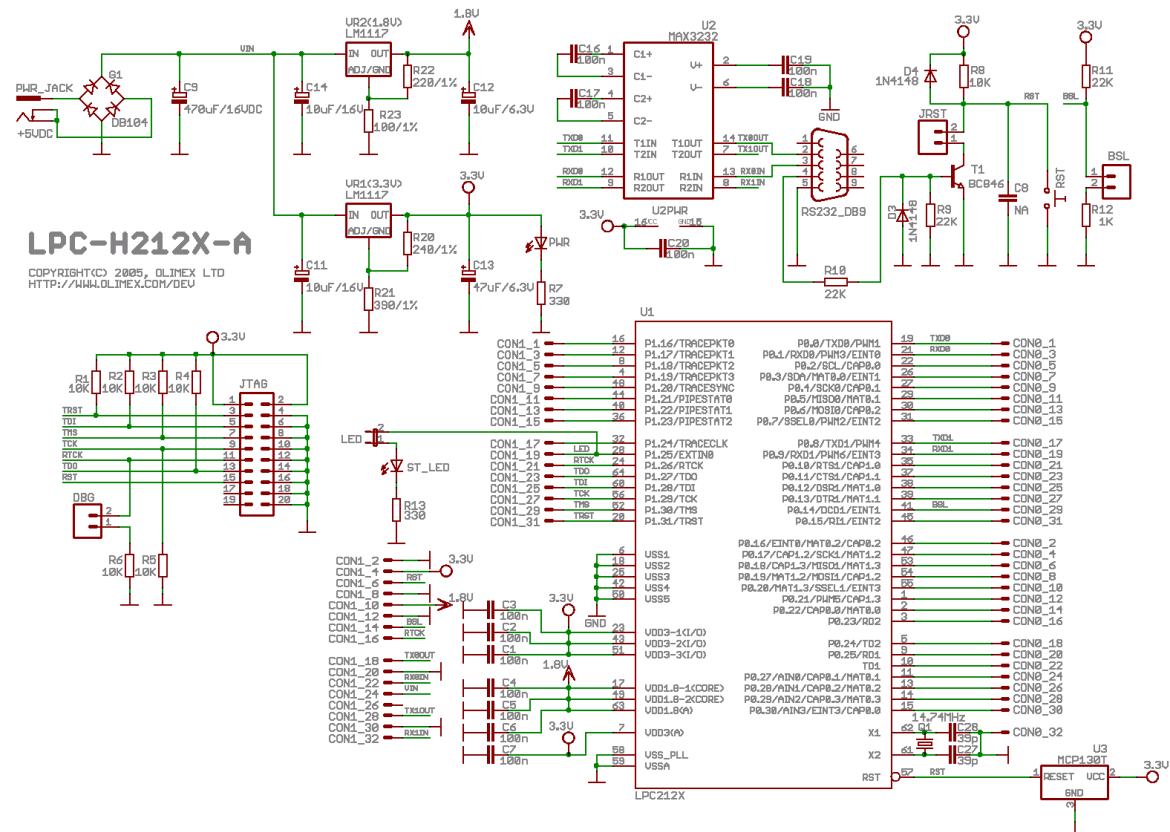


Figura B.4: Esquema eléctrico do sensor - placa do micro controlador.

B.1.5 Micro controlador - Placa intermédia

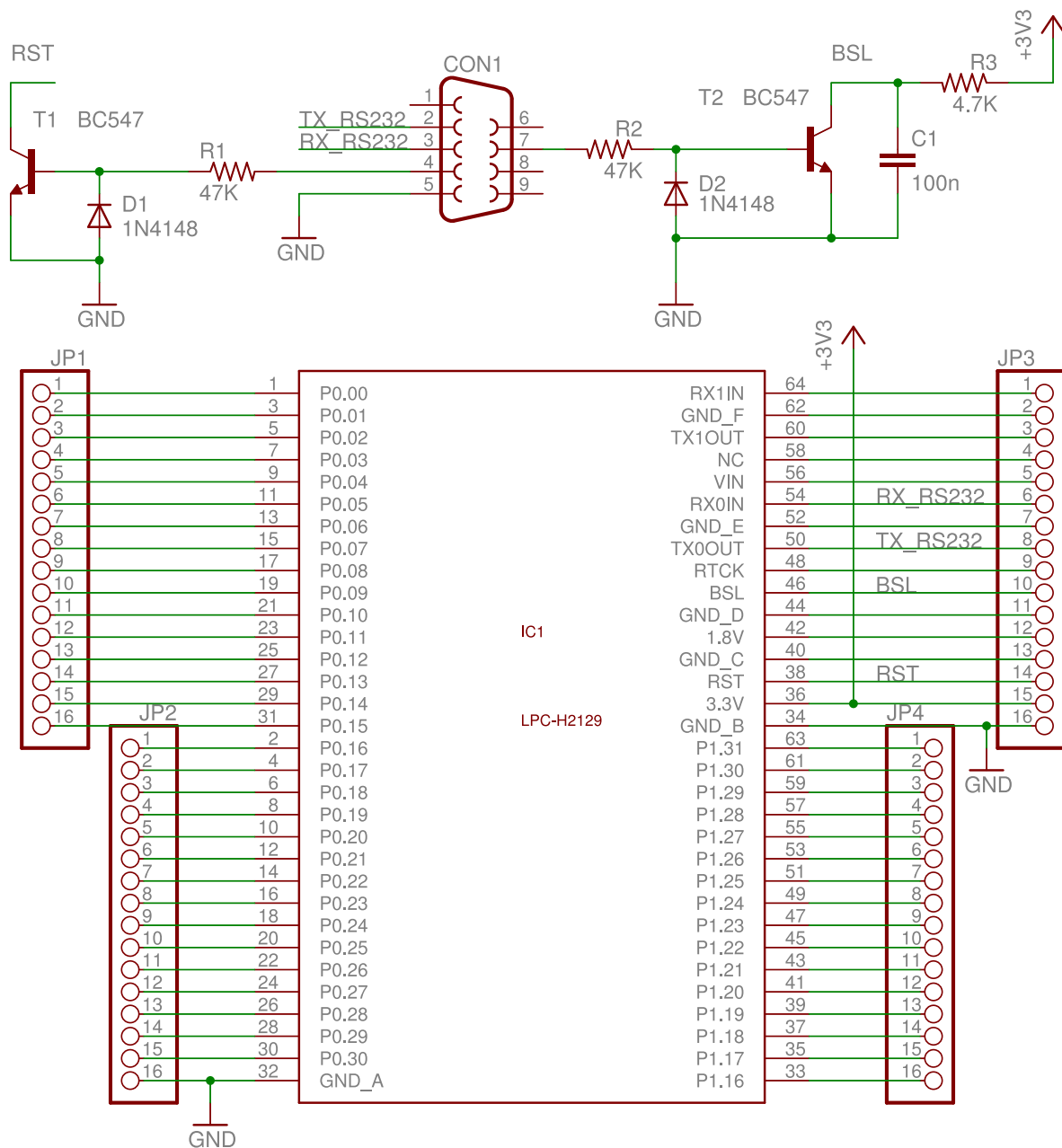


Figura B.5: Esquema eléctrico do sensor - placa intermédia do micro controlador.

Apêndice C

Sensores usados em Domótica

Neste apêndice descreve-se alguns dispositivos existentes e/ou normalmente usados em redes de domótica.

C.1 Binary Input

São dispositivos que recebem informação binária em forma de diferenças de tensão ou corrente.

Permitem obter informação de sensores de tenham como saída um interruptor, tais como os interruptores de iluminação, sensores de abertura de portas e sensores de movimento. Para facilitar a ligação com estes sensores alguns destes dispositivos possuem uma fonte de alimentação.

Podem disponibilizar uma fonte de alimentação para possibilitar a ligação a interruptores mecânicos habitualmente usados de forma fácil em habitações.



Figura C.1: Dispositivo “Binary Input” usado em redes KNX.

C.2 Binary Output

Permite ligar e desligar dispositivos, tais como, lâmpadas, aquecedores, microondas, entre outros. Em termos funcionais, o dispositivo comporta-se como um interruptor mecânico mas accionável remotamente.

Este dispositivo tanto pode ser instalado num painel como pode ser instalado perto do elemento a ser controlado. Esta última vertente é particularmente interessante no controlo de iluminação dado que ajuda a minimizar a quantidade de cablagem necessária, ao contrário da instalação num painel que requer um cabo dedicado para cada elemento.



Figura C.2: Dispositivo “Binary Output” usado em redes KNX.

C.3 Analog Input

Permite receber informação proveniente de sensores analógicos e disponibilizar essa informação na rede para ser usada por outros dispositivos. Por exemplo, a informação obtida por um *Analog Input* de um sensor de temperatura depois de processado pode ser enviada para um dispositivo *Digital Output* para ligar ou desligar um aquecedor, consoante a temperatura da sala.

Além de poder suportar múltiplos canais de entrada, pode incluir entradas especiais para permitir sensores específicos (como por exemplo, facilitar a utilização directa de PT1000 ou termistores) e assim facilitar a sua utilização ou interacção directa com outros formatos mais habituais (0-10V, 4-20mA).



- ❶ CAIXA
- ❷ Ligação a sensores
- ❸ Entradas para cabos
- ❹ Botão de programação
- ❺ Ligação ao barramento

Figura C.3: Dispositivo “Analog Input” usado em redes KNX.

C.4 Analog Output

Estes dispositivos permitem fazer a ligação entre a rede e outras unidades de controlo. Por exemplo, permite a ligação a reguladores de iluminação já existentes que usem uma tensão de entrada como sinal de controlo.

Da mesma forma que alguns dispositivos *Analog Input* são capazes de ler outros formatos mais usuais, alguns dispositivos *Analog Output* suportam saídas que usam esses formatos, tais como 0-10V e 4-20mA.



Figura C.4: Dispositivo “Analog Output” usado em redes KNX.

C.5 Dimmer

Estes dispositivos servem para controlar remotamente a intensidade luminosa entre 0% e 100%.

Normalmente permitem responder a vários padrões nas intensidades intermédias, fazendo curvas que são lineares: a tensão de saída, a intensidade luminosa efectiva de saída, potência de saída ou a intensidade luminosa observável.

Este dispositivo tanto pode ser instalado num painel ou ser instalado perto do sistema luminoso a ser controlado. Esta última vertente ajuda a minimizar a quantidade de cablagem necessária, ao contrário da instalação num painel, que requer um cabo dedicado para cada elemento.



Figura C.5: Dispositivo “Dimmer” usado em redes KNX.

C.6 Detector de Movimento

Um detector de movimento é um dispositivo que detecta movimento de pessoas dentro de uma zona específica. Normalmente tem um temporizador associado para configurar a duração do sinal de activação para, por exemplo, manter a iluminação num compartimento ligada durante um intervalo de tempo após a efectiva detecção de movimento.

Normalmente usam infravermelhos para detectar movimento, dado que permite uma boa poupança de energia embora isso acarrete um aumento de falsas detecções. Alguns detectores de movimento combinam este método com outros, tais como, ultra-sons e microondas, para confirmar a detecção feita pelo primeiro método. Desta forma consegue-se uma boa eficiência energética sem comprometer a fiabilidade.



Figura C.6: Dispositivo “Detector de movimento” usado em redes X10.

C.7 Detector de Presença

Este dispositivo permite detectar a existência de pessoas num certo compartimento. Ao contrário de detectores de movimento, este tipo de dispositivos consegue detectar pessoas sentadas numa secretária e, por exemplo, manter a iluminação activa nesse comportamento. Tem um funcionamento muito similar ao de detectores de movimento com a diferença de que a detecção é mais sensível e o tamanho dos sectores usados é menor.



Figura C.7: Dispositivo “Detector de presença” usado em redes KNX.

C.8 Painéis de Controlo

Os painéis de controlo são elementos que têm um ou mais botões destinados a controlar ou accionar acções na habitação. Normalmente têm LEDs associados para indicar se a acção em causa está activa ou não. Estes elementos servem como interface entre os utilizadores e o sistema de gestão da habitação.



Figura C.8: Dispositivo “Painel de Controlo”.

C.9 Detectores de Humidade

Estes dispositivos medem a humidade absoluta e/ou relativa do ar. Desta forma, é possível activar a ventilação de um compartimento para controlar a humidade.



Figura C.9: Dispositivo “Detector de humidade”.

C.10 Sensor de Luz

Estes dispositivos quantificam a intensidade da iluminação num compartimento. Isto permite regular a luminosidade dentro dum compartimento ajustando a intensidade da iluminação. Durante o dia, às horas de maior luminosidade, o sensor luminoso permite activar as cortinas para reduzir a quantidade de luz de entrada, caso esta ultrapasse o valor especificado. Ao final do dia, permite ir gradualmente aumentando a iluminação para compensar a diminuição da luz exterior.



Figura C.10: Dispositivo “Sensor de luz”.

C.11 Sensores de Temperatura

Estes dispositivos medem a temperatura dentro de um compartimento, disponibilizando esta informação pela rede para um controlador de temperatura para que este controlo a temperatura dentro do compartimento. Este tipo de dispositivos difere dos *Controladores de temperatura* dado que simplesmente fazem a aquisição da temperatura e não o comparam com uma referencia para realizar actuar em outros dispositivos.



Figura C.11: Dispositivo “Sensor de Temperatura”.

C.12 Controlo de Temperatura

A função destes dispositivos é de fazer o controlo de temperatura dentro de um compartimento segundos os pontos de referência indicados pelo sistema de controlo ou pelo painel de interface com o utilizador que normalmente lhe está associado. Difere de um *Sensor de temperatura* pelo facto de não ser o objectivo de adquirir a temperatura do compartimento mas sim receber essa informação, compará-la com o ponto de referência indicado e actuar conforme as necessidades.

Este tipo de dispositivos pode ter funções similares a *Analog inputs*, ou seja, ter capacidade de ligar directamente sensores de temperatura (tais como sensores resistivos tipo PT100) para facilitar a instalação.

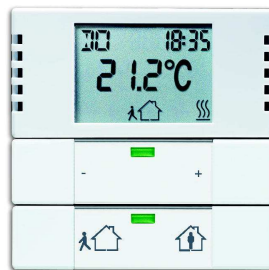


Figura C.12: Dispositivo “Controlo de temperatura”.

C.13 Medidor de Consumo Eléctrico

Estes dispositivos permitem a medição da energia consumida por outros dispositivos, por um compartimento ou parte de uma residência. Este dispositivo é útil para poder obter um perfil de consumo energético e com essa informação otimizar a respectiva utilização energética.



Figura C.13: Dispositivo “Medidor de consumo eléctrico”.

C.14 Orbiters

São dispositivos com o mesmo objectivo que os *Painéis de Controlo*, mas em vez de terem botões mecânicos para accionar acções na habitação, tem um monitor táctil para disponibilizar mais informação detalhada da habitação e executar acções com mais controlo ou mais possibilidades do que com um *Painel de Controlo*.



Figura C.14: Dispositivo “Orbiter”.

Bibliografia

- [1] Wikipedia. D54 (protocol). [http://en.wikipedia.org/wiki/D54_\(protocol\)](http://en.wikipedia.org/wiki/D54_(protocol)), Julho 2010.
- [2] Panasonic. Datasheet amn31111. <http://www.farnell.com/datasheets/73642.pdf>, Agosto 2010.
- [3] PC Engines. <http://www.pcengines.ch/alix3d3.htm>, Outubro 2010.
- [4] Peak System. <http://www.peak-system.com>, Agosto 2010.
- [5] Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/SocketCAN>, Agosto 2010.
- [6] Standard and extended x10 code protocol. <http://software.x10.com/pub/manuals/xtddcode.pdf>, Julho 2010.
- [7] KNX. <http://www.knx.org/>, Julho 2010.
- [8] Euro x10. <http://software.x10.com>, Julho 2010.
- [9] Smarthome Technology. Insteon, the details. <http://www.insteon.net/pdf/insteonthedetails.pdf>, Julho 2010.
- [10] Echelon Corporation. <http://www.echelon.com>, Julho 2010.
- [11] O. Pfeiffer, A. Ayre, and C. Keydel. *Embedded Networking with CAN and CANopen*. Copperhill Media Corporation, 2008.
- [12] W. Voss. *A Comprehensible Guide to Controller Area Network*. Copperhill Technologies Corporation, 2005.
- [13] CiA CAN in Automation. <http://www.can-cia.org/>, Julho 2010.
- [14] <http://www.canfestival.org/>, Agosto 2010.